www.radio.ru

12 • 2022

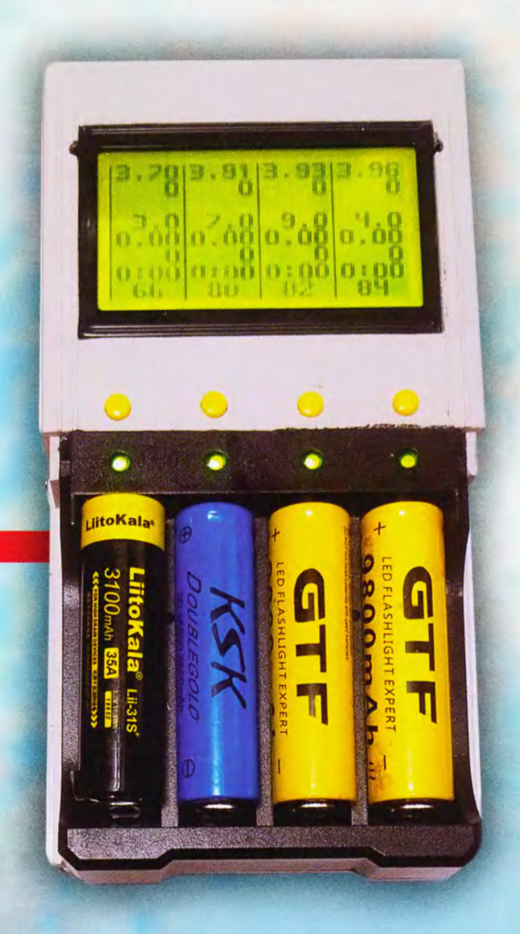
РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

ЛАБОРАТОРНЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ "МАГАЗИН НАПРЯЖЕНИЙ"



БАЛАНСИР Li-Ion АККУМУЛЯТОРОВ



ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКА НАСЫЩЕНИЯ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ С МАГНИТОПРОВОДАМИ




ISSN-0033-765X
22012
9 770033 765009

12
2022



https://rus-elektronika.ru

ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОДУКЦИИ РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА



АО "НПО "ЭРКОН" является лидером в разработке, производстве и реализации электрорадиоизделий промышленного и специального назначения (резисторы, СВЧ-поглотители и аттенюаторы, чип-индуктивности).



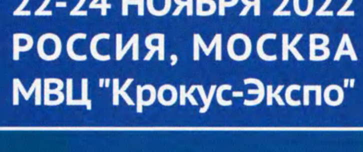
АО "Воронежский Завод Полупроводниковых Приборов-Сборка" производит компоненты и модули для комплексов и сервисов в различных отраслях промышленности. Основная серийно выпускаемая продукция включает в себя более 900 различных типономиналов.



"Лазерный Центр" – российская научно-производственная компания, которая объединяет специалистов высокой квалификации, имеющих уникальный опыт проектирования и изготовления лазерных систем, внедрения передовых лазерных технологий в различные производства.



"Медицинские мехатронные системы" – российское предприятие по производству медицинских машин для трансфузиологии, экстракорпорального афереза и машин для работы с компонентами крови. Производство основано на научных разработках, проводимых в партнёрстве с ФМБА России.





АО "Элеконд" более 50 лет разрабатывает, производит и реализует алюминиевые, танталовые конденсаторы, суперконденсаторы и модули на их основе.



ООО НПП "Магнито-Контакт" создаёт продукцию для обеспечения пожарной безопасности, приборы для защиты и охраны объектов от несанкционированного проникновения.

125040, Россия, Москва, 3-я улица Ямского поля, вл. 2, корп. 12а
Тел.: +7 495 789-45-87 (многоканальный),
факс: +7 495 789-45-97

В НОМЕРЕ:

На нашей обложке. Лабораторный блок питания "Магазин напряжений" (см. статью на с. 23);
Балансир Li-Ion аккумуляторов (см. статью на с. 29);
Прибор для определения тока насыщения катушек индуктивности с магнитопроводами (см. статью на с. 35).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ
ГЕНЕРАТОР НА МОДУЛЕ AD9833
ДВУХДИАПАЗОННАЯ УКВ-АНТЕННА
E-INK-ДИСПЛЕЙ В МЕТЕОСТАНЦИИ

Тираж журнала «Радио» № 11 сдан для рассылки подписчикам 08.11.2022 г.



"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-82030

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18.
E-mail: **ref@radio.ru**
Приём статей — e-mail: **mail@radio.ru**
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 607-77-28; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 25.11.2022 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:
Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»
142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.
Зак. 04304-22.

Интернет для войны

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Выживает не самый сильный и не самый умный, а тот, кто лучше всех приспосабливается к изменениям".

Чарльз Дарвин

В начале августа 2019 г. появились сообщения, что научно-исследовательская лаборатория сухопутных войск США изучает, как можно использовать возможности и инфраструктуру "умного города" на поле боя. Лаборатория тестировала сеть для Интернета вещей (Internet of Things — IoT) LoRaWAN (протокол, часто используемый в "умных городах" для объединения устройств и датчиков IoT в районах с высокой плотностью населения). Собственно, это был лишь пролог, потому что дальнейшие действия продемонстрировали высокую динамику, и тому были серьёзные причины.

С начала первой мировой войны все последующие конфликты (глобальные и региональные) в значительной степени использовали информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) для доминирования в боевом пространстве, а также для поддержания тактического и стратегического превосходства над противником. Внедрение современных винтовок, военно-воздушных сил и др. сыграло важную роль в этом процессе. Однако важным фактором, который часто недооценивается, является сила информации и связи, преобразуемая непосредственно в военную разведку и осведомлённость, которая затем предоставляется в распоряжение командования и управления.

Не так давно Объединённый комитет начальников штабов США разработал новый вариант "Национальной военной стратегии". Прошлый вариант, опубликованный в 2015 г., по большей части был в открытой печати, а вот новая версия засекречена и не попадёт в средства массовой информации. Тем не менее, как свидетельствуют военные эксперты, главы штабов время от времени дают отрывочные сведения, каким они видят будущее войны и вооружённых сил и что будет включено в новую военную стратегию. По сути, они рисуют такую картину: все технические элементы вооружённых сил должны быть объединены в общую "нервную" систему, начиная от датчиков самолётов F-35 и заканчивая электронными девайсами в карманах солдат на поле боя. Объединение должно происходить не только внутри того или иного рода войск, но и во всех вооружённых силах США. ВВС видят всё то, что видят ВМФ, и так далее.

Причина подобного подхода была озвучена начальником штаба американских сухопутных войск генералом Марком Милли. Вероятный конфликт с технологически развитыми равными державами (Россией и Китаем) требует повышенной мобильности на поле боя. Иначе говоря, больше нельзя просто сидеть на базе, как в Ираке и Афганистане, и оттуда следить за ситуацией. В войне будущего нахождение на одном месте на протяжении двух-трёх часов, и особенно в компании с высшими офицерами, будет означать верную смерть. Если ты обнаружен, то очень быстро будешь уничтожен высокоточным оружием или залпом огня. Следовательно, необходимо понимать, как меняется ситуация в режиме реального времени, и получать информацию из

всех возможных источников. И уметь автоматически делиться ей. То есть, по сути, создать военный IoT.

Один из главных идеологов данной концепции — начальник штаба ВВС США генерал Дэвид Голдфейн. В своё время генерала очень впечатлила презентация Илона Маска о работе компании Tesla над тем, чтобы машины общались между собой и тем самым составляли общую картину происходящего на дорогах. Точно так же должны общаться боевые машины и военнослужащие на поле боя. Поэтому использование концепции IoT в армиях многих стран мира стало технологическим трендом текущего десятилетия, своего рода показателем современности и инновационности их вооружённых сил.

В эпоху дальнейшего стремительного развития IoT выяснилось, что "вещи" приносят гораздо больше пользы, когда они не только активно обмениваются информацией друг с другом и с командирами, но хотя бы постоянно подтверждают, что они есть в наличии в конкретном месте в известном количестве. Это напрямую касается интеллектуальной техники на полях боевых сражений — Интернета боевых вещей (Internet of Battle Things — IoBT), которому в обозримом будущем предстоит охватить всю военную инфраструктуру, включая и поле боя.

На полях сражений будущего будут действовать всевозможные устройства, как "разумные", так и не очень, которым предстоит решать широкий круг задач, регистрируя и обрабатывая оперативную информацию, а также взаимодействуя друг с другом и людьми. Среди этих устройств будут датчики, снаряжение, оружие, транспортные средства, роботы и носимая техника, способные избирательно получать и обрабатывать информацию, выполнять посреднические функции при выяснении содержания полученных данных, вести скоординированные с различными родами войск оборонительные операции, а также различными способами воздействовать на противника. Все эти задачи будут решаться совместно — устройства станут непрерывно общаться, координировать и согласовывать свои действия, разрабатывая и выполняя боевые задания.

Уже появилось несколько различных терминов для описания использования технологии IoT для разведки, наблюдения за окружающей средой, ведения беспилотных боевых действий и других боевых целей. Эти термины включают в себя Военный интернет вещей (Military IoT — MioT), Интернет военных вещей (Internet of Military Things — IoMT) и Интернет боевых вещей (IoBT). Сколько, кем и какой амуниции привезено, сколько выдано, сколько и каких именно снарядов отстреляно, в каком месте, кто отдавал приказы и т. д. и т. п. И это не только удар по встречающимся во многих уголках мира разгильдяйству и воровству, но и важнейшая информация об имеющихся военных ресурсах. Современные возможности обнаружения противника и высокоточное вооружение вынуждают военных к высокой мобильности и быстрому принятию решений. Для этого нужно получать информацию из разных источников в режиме real-time и оперативно делиться ею со всеми задействованными в операции подразделениями. IoT-устройства широко используются в различных обучающих и тренинговых программах для военнослужащих в режиме виртуального боя.

Для решения всех указанных выше задач требуется, в частности, обеспечить между вещами гибкую связь, которая бы адаптировалась к условиям быстро меняющейся ситуации на поле боя. Понадобится организовать управление большим количеством динамичных активов (устройств, каналов, виртуальных объектов, программного обеспечения, приложений и т. п.), допуская при этом множество сложных компромиссов. При этом адаптация сети, управление ею и её реорганизация должны происходить по большей части автономно, без привлечения для её поддержки и без того занятых на поле боя людей, а также сопровождения. Буквально речь идёт о появлении военных автономных операторов связи.

IoMT — это разновидность IoT для ведения боевых действий и ведения войны. Это сложная сеть взаимосвязанных объектов или "вещей" в военной сфере, которые постоянно взаимодействуют друг с другом для координации, обучения и взаимодействия с физической средой для выполнения широкого спектра действий более эффективным и информированным образом. Концепция IoMT в значительной степени основана на идее, что в будущих военных сражениях будут доминировать машинный интеллект и кибервойна. Создавая миниатюрную экосистему интеллектуальных технологий, способных обрабатывать сенсорную информацию и автономно управлять несколькими задачами одновременно, IoMT концептуально спроектирован так, чтобы разгрузить большую часть физической и умственной нагрузки, с которой сталкиваются военнослужащие в боевых условиях.

Вообще, в современном мире огромную роль играет скорость. Причём скорость во всём. Ну, а в современной войне это один из ключевых факторов. От того, как скоро можно получить разведданные, сообщить их командованию боевой единицей и принять решение о нанесении удара, а также оперативно сменить место, где были только что расположены средства ведения огня, зависит очень и очень многое — почти всё. Отсюда колоссальная роль БПЛА и дронов, спутниковой связи, времени передачи и точности координат противника, мобильности боевых единиц, а также скорости донесения приказов до исполнителя. К примеру, появились публикации американских СМИ о том, что некая фирма Palanti разработала систему, позволяющую с помощью специального ИТ-продукта (MetaConstellation), собирающего всевозможные данные с пролетающих спутников: радиосигналы, изображения в инфракрасном свете или аэрофотоснимки, определять местоположение объектов в реальном времени, после чего туда наводятся ракеты земля-земля.

Французский философ Поль Вирильо, изучавший значение скорости для современной технической цивилизации, предложил особый термин — дромократия. От греческого дромос (скорость) и кратос (могущество, власть). Теория Вирильо строится на утверждении, что в новых цивилизационных условиях побеждает не тот, кто сильнее, умнее, оснащённее, а тот, кто быстрее. Именно скорость решает всё. Отсюда стремление любыми путями повышать быстродействие процессоров, и соответственно, все цифровые операции. Именно на это и обращена преимущественно техническая инновационная мысль сегодня. Все соревнуются именно в скорости.

Современный мир — это борьба за ускорение. И тот, кто оказывается быстрее, получает самый главный приз — власть. Во всех её смыслах и измерениях — политическую, военную, технологическую, экономическую, культурную. При этом наиболее ценной в структуре дромократии является информация. Именно скорость передачи информации и является конкретным выражением власти. Это касается как функционирования мировых бирж, так и ведения военных действий. Тот, кто смог сделать нечто быстрее, получает над тем, кто замешкался, полную власть.

При этом дромократия, как сознательно выбранная стратегия, то есть попытка господства над временем как таковым, может привести и к странным эффектам. В действие вступает фактор будущего. Отсюда феномен фьючерсных сделок и связанных с ними хеджинговых фондов, а также другие финансовые механизмы аналогичного толка, в которых основные операции проводятся с тем, чего ещё нет.

Идеалом дромократии в области СМИ было бы первыми сообщить о событии, которое ещё не произошло, но которое, вполне вероятно, вот-вот произойдёт. Это не просто фэйк, это — работа с областью возможного, вероятного. Если принимать вероятное будущее событие за уже случившееся, мы выиграем время, а значит, приобретём власть. Другое дело, что этого может и не произойти. Да, и это возможно, конечно, но подчас провал ожидания не критичен, зато подтверждённый прогноз, принятый за свершившийся факт заранее, даёт колоссальные преимущества.

При развитии сверхскоростей сама реальность искривляется, и в ней начинают действовать законы неклассической физики — предвосхищённые в теории относительности Эйнштейна и в ещё большей степени в квантовой физике. Предельные скорости меняют физические законы. И именно в этой сфере разыгрывается сегодня, по Вирильо, планетарная борьба за власть.

Аналогичные теории встречаются и в более прикладной и менее философской области — в теории сетецентричных войн (Network-centric warfare), главной особенностью которых является быстрота передачи информации между отдельными единицами и центрами командования. Для этого военнослужа-



щие и другие боевые единицы снабжаются многочисленными разноориентированными камерами и другими датчиками, информация от которых сходится в единой точке. Сюда добавляются данные с коптеров, БПЛА и спутников, включая теперь спутниковый интернет Starlink от Илона Маска, которые интегрированы напрямую с боевыми и огневыми единицами. И такая полная сетевая интеграция обеспечивает преимущество в скорости — будь то ракетные системы или диверсионно-разведывательные группы.

Планка милитаризации IoT была высоко поднята Пентагоном, когда ведомство начало разработку теорий сетецентрической войны и многодоменной битвы (Multi-Domain Battle), которые предусматривают совершенно новый способ проведения военных операций, при котором все участники (техника, живая сила, штабы и т. д.) связаны единой информационной сетью.

При этом речь идёт не о соединении различных военных сетей с целью повышения эффективности конкретных операций, а о создании глобальной сети, позволяющей одновременно работать на всех театрах военных действий, в том числе и в киберпространстве. Все технические устройства, находящиеся на вооружении, должны быть связаны в одну общую систему, начиная с датчика БПЛА и завершая носимым устройством в амуниции солдата. Причём акцент делается именно на объединении не внутри отдельного подразделения или вида войск, а по всем вооружённым силам сразу. Предполагается, что объединение в глобальную сеть даст командованию возможность оперативного принятия решений о проведении наступательных, оборонительных и других активностях на всех театрах военных действий.

Справедливости ради следует признать, что в теории сетецентричных войн быстрота принятия решений часто идёт в ущерб их оправданности. Случается и очень много просчётов. Но если действовать стремительно, то, даже совершив ошибку, всегда есть время её исправить. Здесь используется принцип хакерского взлома или DDoS-атаки — главное, долбить по всему расположению войск противника, выискивая слабые места — back door. Потерь может быть довольно много, но и результаты, в случае успеха, оказываются весьма значимыми.

Далее сетецентричные войны как свою интегральную составляющую включают открытые каналы информации — прежде всего социальные сети. Они не просто сопровождают ведение боевых действий, сообщая, естественно, только то, что выгодно, а что не выгодно, скрывая или искажая до неузнаваемости, но и оперируют с вероятностным будущим. И здесь снова принцип дромократии. То, что мы сегодня воспринимаем как фейки, есть ни что иное, как прощупывание и искусственная стимуляция возможного будущего. Множество фейков оказываются пустыми, как часто тщетными бывают попытки пробить защиту при взломе, но время от времени они достигают цели — и тогда система может быть захвачена и подчинена.

Чтобы эта грандиозная картина стала реальностью, требуется решить целый ряд задач — в частности, обеспечить между вещами гибкую связь, которая бы адаптировалась к условиям быстро меняющихся ситуаций на поле боя. Для этого понадобится организовать управление большим числом динамичных активов (устройств, каналов и т. п.), допуская при этом множество сложных компромиссов. Адаптация сети, управление ею и её реорганизация должны происходить по большей части автономно, без привлечения людей для её поддержки и сопровождения.

Кроме того, необходимость разбираться в потоках информации, генерируемой IoBT, сильно усложнила бы выполнение боевой задачи для людей, находящихся в условиях экстремальной когнитивной и физической нагрузки. Поэтому IoBT должен помогать людям извлекать пользу из океана данных, принимая во внимание меняющиеся задачи миссии.

Естественно, противник не только будет физической угрозой для людей и IoBT, но и попытается проникнуть в саму сеть. Таким образом, сам IoBT станет полем боя с участием обороняющихся и атакующих. Здесь необходимо управлять рисками и снижать неопределённость в условиях враждебной среды. Кстати, если готовиться, к примеру, к фронтальному противостоянию с НАТО и одновременно полагаться на технологические элементы (те же процессоры и прочую микроэлектронику), разработанные и производимые либо в странах НАТО, либо на территории государств, зависящих от США, — это станет одним из самых больших рисков.

Учитывая огромные масштабы IoBT, понадобятся новые теоретические исследования, модели, концепции и технические подходы. Число сетевых узлов IoBT для боевого отряда может быть на несколько порядков больше, чем вообще когда-либо рассматривалось в рамках исследований. Особенно это проявится в ситуациях, когда участники боевых акций решат задействовать сетевые устройства и каналы, им не принадлежащие, к примеру, доступные гражданским устройствам IoT. А ведь в таком случае придётся иметь дело с миллионом вещей на каждый квадратный километр.

Столь большой масштаб IoBT может быть полезным в теоретическом и практическом отношении. В частности, наличие огромного числа плотно размещённых датчиков позволяет решить проблему обеспечения постоянной доступности устройств, а для этого нужны теоретические исследования с выяснением степени детерминированности, доступной в рамках очень большого ансамбля вещей и данных. IoBT будет также характеризоваться высокой гетерогенностью: локальные сети вещей состоят из множества коммерчески доступных устройств, а оборудование, которым люди будут пользоваться в боевых условиях, скорее всего, тоже будет основано на коммерческих разработках. Необходимо будет пользоваться широким набором протоколов и коммуникационных технологий, поддерживаемых различными производителями. В гетерогенной, высокодинамичной и труднопредсказуемой среде понадобятся новые способы быстрого обнаружения, выяснения характеристик доступных вещей и отслеживания их во времени и пространстве. Необходимо, чтобы эти сведения собирались и обновлялись в ходе военной операции автоматически. Между тем военнослужащие тоже являются важными элементами IoBT, и чтобы обеспечить их эффективную работу, нужно динамически распознавать, идентифицировать, характеризовать и предсказывать поведение солдат с обеих сторон и нейтральных гражданских лиц.

Масштаб, динамизм и высокий уровень сложности IoBT будут влиять на связь между вещами — для поиска каналов организации связи между огромным числом разнородных, зачастую непредсказуемых вещей, и управления этими каналами понадобятся совершенно новые подходы. И это ещё в условиях вероятного противодействия и подавления со стороны противника. Поэтому для непрерывного резервирования и перенастройки ресурсов сети связи потребуются высокоинтеллектуальные средства автоматизации. Необходимо будет автоматически составлять и обновлять стратегии и правила обмена информацией, регламентирующие длительность и привилегии связи, и уже с ними гармонизировать всю систему управления войсками. Также понадобятся высокомасштабируемые архитектуры и протоколы и надёжные методы определения и подтверждения их свойств. Но в первую очередь понадобится соответствующий искусственный интеллект, способный справиться со всеми упомянутыми задачами.

В экстремальных ситуациях, когда в IoBT происходит катастрофический сбой, делающий его недоступным или ненадёжным (например, в результате действий противника), автономные механизмы управления должны обеспечивать автоматическое восстановление, после которого можно продолжить работу, пусть и с деградацией функциональности.

Дополнительные сложности возникнут в связи с ограничениями связи по времени. Какие-то коммуникации допустимо отложить на несколько часов, но для других типов связи (например, для передачи информации между датчиками и системами реагирования) нужна работа в режиме реального времени. К тому же доступность каналов связи будет сильно варьироваться. Специалистами прогнозируется, что через 30 лет в гражданском мире данные будут гарантированно проходить по беспроводной связи 5G/6G до надёжных кабельных соединений дистанцию лишь в несколько метров, тогда как военным необходимы беспроводные каналы с охватом в десятки километров.

Картина общего состояния IoBT должна оперативно обновляться в автоматическом режиме, для чего понадобятся новые методы извлечения необходимого объёма сведений о сложных системах, основанные на регистрации относительно небольшого числа параметров. Для эффективного управления IoBT нужно учитывать разнообразие его функций и применений. Некоторые из них ясны, например, военная логистика и распределённые вычисления. Другие будут порождены самим IoBT, и его можно будет применять для нужд обнаружения, навигации, расчёта времени, а также в качестве дополнения или замены систем навигации.

В настоящее время лидерство по применению IoBT и разработке новых решений с его использованием принадлежит американской армии. Уже известно об успешных испытаниях многоцелевых самолётов, способных получать и передавать большие потоки данных от работающих в их зоне видимости боевых "умных" устройств и другой техники. Активно используется мобильное приложение ATAK (Android Tactical Assault Kit), позволяющее накапливать данные в режиме real-time и накладывать их на известный всем Google Maps. В зоне боевых действий это решение используется для коммуникации наводчика на цель, пилота самолёта или оператора БПЛА. Пентагон вообще планирует заменить все некоммуницирующие между собой сети на единую всеармейскую.

ВМС США провели учения по высадке на берег роботизированных боевых машин, при этом особый упор делался на тестирование каналов связи и взаимодействие беспилотных систем как на воде и земле, так и в воздухе. Проведены успешные испытания нового типа брони, способной после попадания в неё информировать другую технику, солдат и командный центр, участвующих в операции, о мощи и направлении обстрела.

Техническим прорывом называют использование в боевых условиях возможностей смартфонов и планшетов с помощью системы Nett Warrior. С её помощью командир подразделения имеет возможность обмениваться информацией по вертикали и горизонтали, что значительно увеличивает осведомлённость о ситуации в зоне боестолкновения с противником. Кроме того, наличие навигации (к примеру, от спутниковой системы GPS) позволяет отмечать расположение солдат на карте, которая изображается в прикреплённом к шлему дисплее, а также получать обновлённые карты местности и другую информацию из командного центра. Правда, для всего этого на местности нужна как минимум сеть 4G, но ведь и она может быть оперативно развёрнута с помощью каких-нибудь мобильных базовых станций.

Люди не могут и не должны анализировать весь объём данных, генерируемых IoBT, поэтому им нужны только высокоуровневые сведения, например, указания и предостережения по текущей ситуации и миссии. Реагировать на все сведения, требующие внимания, в контексте IoBT невозможно. В сущности, один из ключевых рисков IoBT состоит в предоставлении информации, которая приведёт к действиям с более негативными последствиями, чем если бы этой информации вообще не было.

Колоссальный массив данных IoBT необходимо уменьшать до приемлемого уровня, выделяя действительно ценное содержание, готовое для передачи людям и "умным" вещам. По некоторым оценкам, объём информации придётся уменьшить путём компрессии и консолидации в 10^{15} раз. Один из путей решения этой непростой задачи — дополнить IoBT многоуровневой иерархией информационных посредников, которые будут агрегировать, консолидировать, интерпретировать и пересылать нужную информацию. Процесс консолидации нужно начинать на самом нижнем уровне — например, все вещи, генерирующие информацию, следует снабдить локальными средствами фильтрации, интерпретации и объединения данных. Такая система посредников может затруднить извлечение данных нижнего уровня, но, похоже, эту цену неизбежно придётся заплатить, чтобы получать конструктивные сведения в приемлемом объёме.

Чтобы информационные посредники справлялись со своей задачей, они должны знать, какая именно информация полезна. Источником этих знаний могут быть процедуры планирования военной миссии и полевые учения, в рамках которых можно определить, какие именно сведения нужны людям и машинам. А для сохранения этих знаний нужен специальный язык выражения информационных потребностей для IoBT, доступный для машинной обработки, формальный, с широкой сферой применения и понятный военным. В ходе планирования и учений не вся нужная информация может быть получена, и IoBT должен уметь самостоятельно выяснять, какие сведения необходимы для конкретной миссии и её участников. Для этого потребуются подходы, основанные на машинном обучении и семантических знаниях.

Впрочем, преимущества IoBT соседствуют с рядом уязвимостей. В частности, необходимо создание специальных устройств, обладающих повышенной степенью защиты. Любое мобильное или сетевое приложение, обеспечивающее работу IoBT-устройств, как и сами они, должно быть максимально защищено от постороннего вмешательства. Попытки американских военных развить глобальную сеть также наталкиваются на проблемы уязвимости IoBT-сетей, которые не в меньшей степени, чем боевая техника или солдаты, могут становиться объектом атаки. Уязвимость отдельных элементов системы может быть спровоцирована различными доступными противнику или хакерам способами: физический и сетевой взлом, прослушка, радиоэлектронная борьба, направленная энергия и т. п. Впрочем, объём и характер трафика IoBT потребуют значительно большего радиочастотного спектра, чем доступно сегодня. Очевидно, появится совместное использование спектра и управление спектром.

Перед военными стоит задача — добиться, чтобы при принятии на вооружение IoBT-устройств не оставалось возможностей манипуляции ими или сетью, кражи, нарушения потока данных или физического уничтожения. Сделать это сейчас непросто, учитывая отношение многих производителей "умных" устройств к обеспечению их безопасности, а также тесное переплетение стационарных, мобильных и спутниковых сетей, что способствует наличию массы точек входа и незащищённых мест. Очевидно, военным ведомствам рано или поздно, но придётся работать с поставщиками и производителями IoBT-устройств с целью принуждения их к введению более надёжных стандартов безопасности. Возможно даже, что вся электронная промышленность будущего попросту перейдёт в ведение военных.

В заключение добавим, что сегодня руководство Минобороны РФ осознаёт важность внедрения инновационных методов и решений при ведении боевых действий. Информационное преимущество позволяет обойти даже превосходящего по численности противника, быть всегда на несколько шагов впереди. Поэтому Россия стремительно подходит к методам ведения сетецентрической войны и готовится к их реализации.

По материалам ***osp.ru, tadviser.ru, habr.com/ru/company/unet/blog, navoine.info, sell-off.livejournal.com, topwar.ru, k-politika.ru, новости-сша.ru-an.info, army-guide.com, idstch.com/military***

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ГЛОНАСС: развитие системы

В. СЕРОПЕГИН, канд. техн. наук, г. Королёв Московской обл.



"Каждый, хотя бы бегло, должен познакомиться со всем лучшим".

(Альберт Эйнштейн)

Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС), разработанная в советское время для военных целей, сегодня активно используется. Система состоит из трёх сегментов: космического, наземного комплекса управления и навигационной аппаратуры потребителя. Сейчас ГЛОНАСС быстро развивается и совершенствуется в качестве навигационной системы двойного назначения [1]. Она обеспечивает решение важнейших практических навигационных задач в интересах гражданских и военных потребителей.

Космический сегмент

Орбитальная группировка

Космический сегмент спутниковой радионавигационной системы (СРНС) ГЛОНАСС состоит из определённого числа космических аппаратов — навигационных спутников (НС), которые в совокупности называются орбитальной группировкой (ОрГ).

Основные функции ОрГ:

1. Формирование и излучение радиосигналов, необходимых для получения потребителями навигационных определений (навигационных радиосигналов).

2. Обмен информацией с наземным комплексом управления.

3. Проведение межспутниковых измерений и обмен информацией между НС.

Орбитальные характеристики навигационных спутников

В соответствии с целевым назначением НС, излучая навигационные радиосигналы, формируют сплошное навигационное поле [2] на поверхности Земли и в околоземном пространстве, которое и используется для навигационных определений.

Структура ОрГ такова, что в каждой точке земной поверхности и околоземного пространства, в которых находится потребитель, в любой момент времени в зоне радиовидимости находятся не менее четырёх НС. Взаимное расположение и качество радиосигналов этих спутников предоставляют возможность выполнить навигационно-временные определения. Необходимые точностные характеристики навигационного обеспечения могут быть получены в системе ГЛОНАСС при наличии в ОрГ 21-го спутника (по семь спутников в каждой орбитальной плоскости), а остальные обеспечивают "горячий" резерв и высокую устойчивость системы.

НС ГЛОНАСС размещаются на практически круговых орбитах, высота которых — 18840...19440 км.

Орбитальные плоскости разнесены по долготе на 120° (**рис. 1**).

Структура ОрГ НС ГЛОНАСС характеризуется высокой устойчивостью и не требует дополнительной коррекции в течение всего срока активного существования.

Поддержание структуры ОрГ осуществляется введением новых навигационных спутников при снижении общего числа в любой плоскости менее восьми.

Типы навигационных спутников системы ГЛОНАСС

В системе ГЛОНАСС используются НС "Глонасс", "Глонасс-М" и "Глонасс-К", отличающиеся номенклатурой решаемых задач, аппаратурным составом, техническими характеристиками и ресурсом (**рис. 2**).

НС обеспечивают выполнение функций:

1. Навигационное обеспечение потребителей СРНС:

• Непрерывное излучение высокостабильных навигационных радиосигналов в дециметровом диапазоне волн (L-диапазоне).

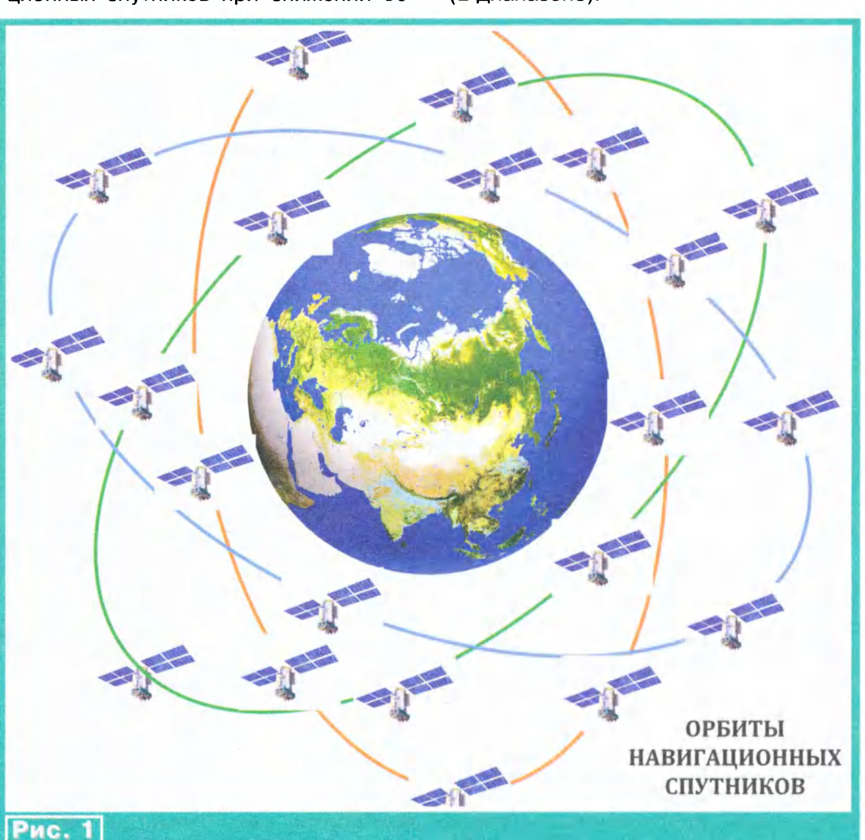


Рис. 1

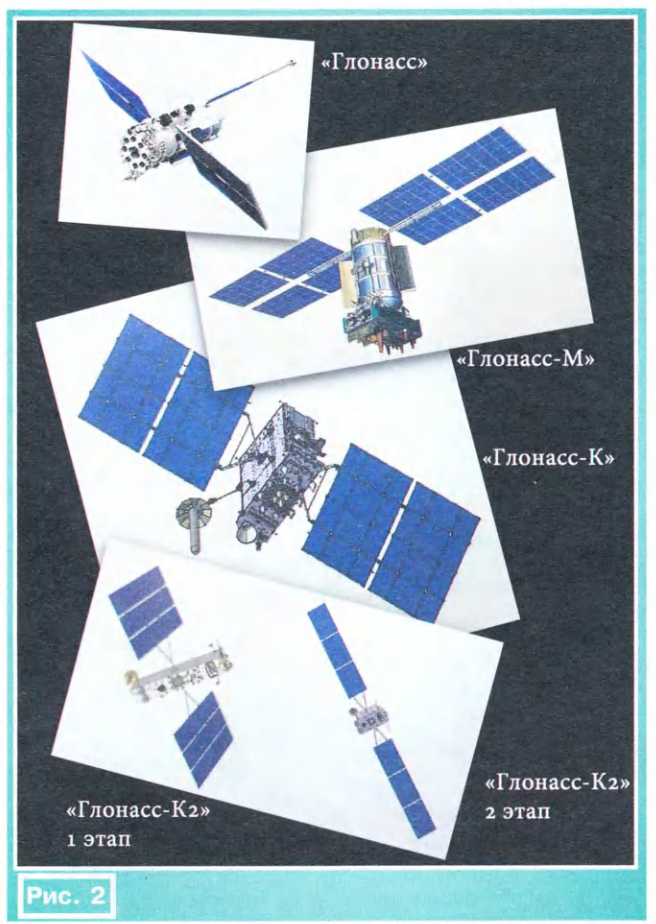
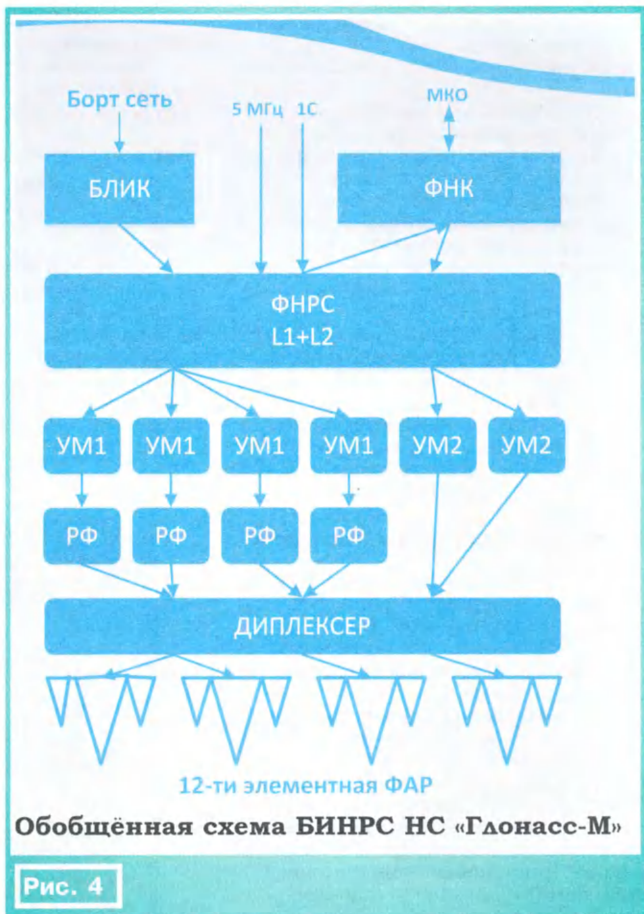


Рис. 2



Обобщённая схема БИНРС НС «Глонасс-М»
Рис. 4

- Приём, хранение, формирование и передача навигационной информации (данных).
- Формирование оцифрованной высокостабильной бортовой шкалы времени, хранение и передача в навигационном радиосигнале.

2. Автономное эфемеридно-временное обеспечение:
- Проведение межспутниковых измерений, обработка результатов, расчёт и прогнозирование эфемерид и частотно-временных поправок.
- Приём данных о параметрах вращения Земли.

3. Управление, контроль и баллистическое обеспечение:
- Формирование телеметрических данных и передача их в наземный комплекс управления.
- Приём и обработка кодов коррекции и фазирования бортовой шкалы времени.
- Ретрансляция запросных лазерных сигналов наземных квантово-оптических средств измерений.

Навигационный спутник "Глонасс"

Бортовой комплекс реализует целевую задачу — непрерывное излучение в сторону Земли высокостабильных навигационных радиосигналов в двух диапазонах L1 и L2 [3, 4].

В бортовой комплекс входит аппаратура:
- Бортовой источник навигационных радиосигналов.
- Антенно-фидерная система.
- Бортовое синхронизирующее устройство.

Управление спутником производит бортовой комплекс управления. Он совместно с наземным комплексом управления решает задачи управления, контроля и баллистического обеспечения. При этом на наземный комплекс управления возлагается задача формирования программы работы спутника с помощью радиокоманд и программ, формируемых по результатам анализа телеметрической информации, сверки времени и закладки на спутник эфемеридно-временной информации.

В целях обеспечения высокой точности измерений осуществляется калибровка радиолинии Земля—спутник с помощью оптической рефлекторной антенной системы, предназначенной для пассивного отражения оптических сигналов наземных квантово-оптических средств (**рис. 3**).


Рис. 3

Навигационный спутник "Глонасс-М"

По сравнению со спутником "Глонасс" спутник "Глонасс-М" имеет лучшие целевые и эксплуатационные ха-

рактеристики, увеличенный ресурс работы на орбите.

Бортовой целевой комплекс доработан:

- Полоса частот смещена вниз.
- Увеличена мощность излучения.
- Установлены режекторные фильтры по внеполосным излучениям.

Кроме того, за счёт использования цифровых атомных лучевых трубок и обеспечения их высокоточной термостабилизации снижена относительная нестабильность частоты навигационного радиосигнала.

Запуском в 2006 г. трёх спутников "Глонасс-М" началось интенсивное восстановление штатной орбитальной группировки.

При запланированном темпе запусков шести спутников в год были обеспечены сроки развёртывания штатной ОрГ из 24 спутников к 2010 г.

Навигационный спутник "Глонасс-К"

Отличительные особенности навигационного спутника "Глонасс-К" по сравнению со спутником "Глонасс-М":

- Введена третья частота в L-диапазоне для повышения надёжности навигационных определений.
- Увеличен ресурс спутника на орбите.
- Уменьшена масса спутника.
- Дополнительно размещена аппаратура спасения терпящих бедствие системы КОСПАС-САРСАТ.

В штатном режиме поддерживается непрерывная ориентация спутника на Землю (продольная ось спутника с антеннами) и на Солнце (панелей солнечной батареи).

Навигационный спутник "Глонасс-К2"

Отличительные особенности навигационного спутника "Глонасс-К2" по сравнению со спутником "Глонасс-К":

- Введены ещё две частоты в L-диапазоне для повышения надёжности навигационных определений.
- Введена вторая ФАР для излучения новых навигационных радиосигналов.
- Увеличена масса спутника.
- Дополнительно размещена аппаратура КОСПАС-САРСАТ.

Бортовой источник навигационных радиосигналов навигационного спутника

Бортовой источник навигационных радиосигналов (БИНРС) (**рис. 4**) является основной полезной нагрузкой НС и предназначен для формирования и излучения высокостабильных навигационных радиосигналов [4, 5]. В процессе развития системы ГЛОНАСС состав и параметры навигационных радиосигналов менялись. Первоначально в БИНРС формировались и излучались радиосигналы с частотным разделением в частотных поддиапазонах L1 и L2 (**рис. 5**). В 2016 г. опубликованы данные по сигналам с кодовым разделением. Появление в системе ГЛОНАСС радиосигналов с кодовым разделением явилось следствием повышения требований к точности навигационных определений стандартных потребителей и необходимости в использовании алгоритмов прецизионных измерений по фазе несущей частоты. С развитием элементной базы менялись методы и схемы формирования навигационных радиосигналов.

Основные элементы схемы рис. 4:

ФНК — формирователь навигационного кадра и контроллер магистрали мультиплексного обмена (МКО);

ФНРС — формирователь навигационного радиосигнала;



Рис. 6

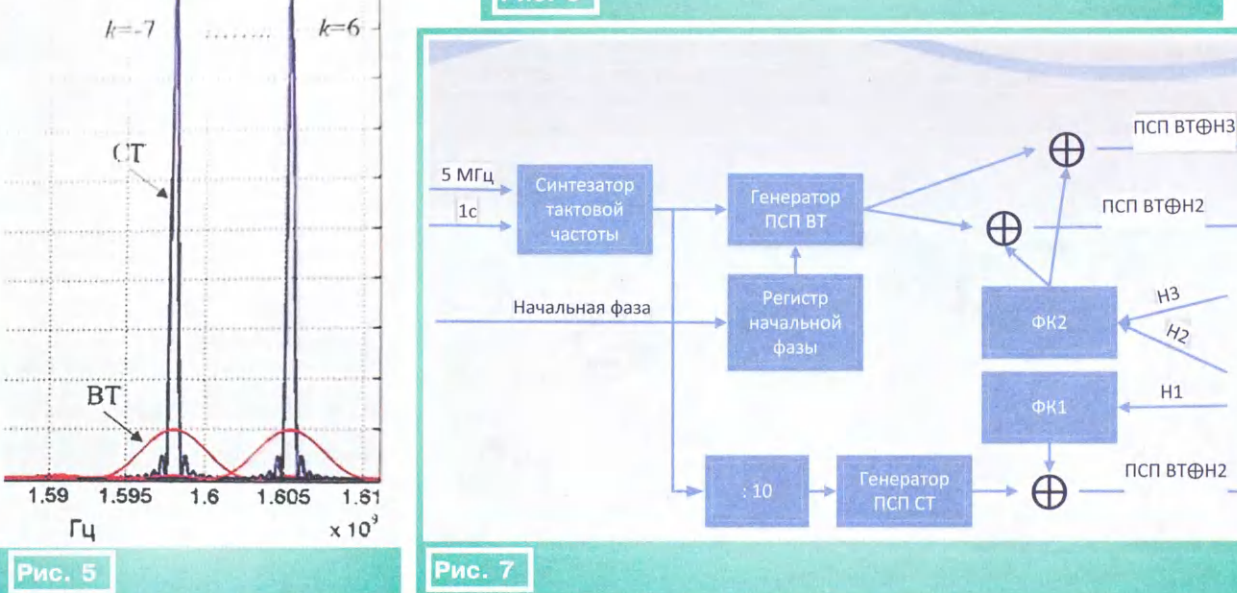


Рис. 5

Рис. 7

УМ1 — четырёхканальный усилитель мощности L1-поддиапазона;

УМ2 — двухканальный усилитель мощности L2-поддиапазона;

РФ — радиочастотный фильтр;

12-элементная фазированная антенная решётка (ФАР).

Обмен данными по МКО для каждого типа массивов осуществляется либо периодически (загрузка навигационных кадров, считывание телеметрической информации), либо по мере возникновения необходимости (выдача команд управления, формирование специальной информации).

Любой обмен данными по МКО инициируется бортовым цифровым вычислительным комплексом (БЦВК). На аппаратном уровне производятся также помехоустойчивое кодирование цифровых массивов (код Хемминга) и добавление меток времени в виде усечённых М-последовательностей.

На **рис. 6** представлена схема формирователя навигационного радиосигнала (ФНРС), являющегося частью БИРНС.

Обозначения на схеме:

ФАПЧ — фазовая автоподстройка частоты;

БСУ — бортовое синхронизирующее устройство;

Н1, Н2 — навигационные кадры;

ПСП ВТ — псевдослучайная последовательность высокой точности;

ПСП СТ — псевдослучайная последовательность стандартной точности.

На **рис. 7** представлен формирователь модулирующих сигналов, входящий составной частью в ФНРС. На схеме ФК1, ФК2 — формирователи команд.

Формирователь модулирующих сигналов принимает от ФНК информационные сигналы (символы навигационной информации Н1, Н2, Н3), формирует временные стробы ПСП СТ и ПСП ВТ, привязывает информационные сигналы к временным стробам ПСП СТ и ПСП ВТ, осуществляет приём и хранение кода начальной фазы ПСП ВТ, формирует итоговые модулирующие последовательности для радиосигналов частотных поддиапазонов L1 и L2.

Наземный комплекс управления

Назначение наземного комплекса управления

Наземный комплекс управления (НКУ) предназначен для контроля правильности функционирования, управления и информационного обеспечения сети спутников системы.

Взаимосвязанные стационарные элементы наземного комплекса управления

- Центр управления системой ГЛОНАСС (ЦУС).
- Центральный синхронизатор (ЦС-М).
- Командно-измерительные станции (КИС).
- Закладочно-измерительные станции (ЗИС).
- Беззапросные измерительные станции (БИС).

№	Город	ЦУС	КОС	ЦС	БИС	ЗИС	КИС	АКНП
1	Москва (на территории ФГУП ЦНИИмаш, г. Королев)	■	■	■	■	■	■	■
2	Санкт-Петербург		■		■		■	
3	Мурманск				■			
4	Воркута				■	■		
5	Барнаул		■		■			
6	Енисейск				■	■	■	
7	Якутск		■		■			
8	Улан-Уде		■		■			
9	Комсомольск		■	■	■	■	■	
10	Уссурийск		■		■		■	
11	Петропавловск-Камчатский				■	■		

- Квантово-оптические станции (КОС).
- Аппаратура контроля навигационного поля (АКНП).
- Наземная оптико-лазерная система (НОЛС).

Размещение элементов на территории РФ приведено в **таблице**.



Рис. 8

Функции наземного комплекса управления

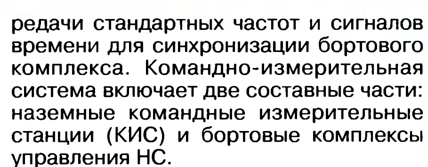
- Проведение траекторных измерений для определения, прогнозирования и непрерывного уточнения параметров орбит всех НС.
- Временные измерения для определения расхождения бортовых шкал времени всех НС с системной шкалой ГЛОНАСС.
- Передача (закладка) массива служебной информации в память ЭВМ каждого НС.
- Контроль телеметрии.
- Контроль информации в навигационных сообщениях.
- Планирование работы всех технических средств НКУ.

Центр управления системой

Центр управления системой (ЦУС, **рис. 8**) соединён каналами автоматизированной и неавтоматизированной связи, а также линиями передачи данных со всеми элементами НКУ. Центр планирует и координирует работу всех средств НКУ на основании принятого для ГЛОНАСС ежесуточного режима управления спутниками. Он осуществляет расчёт и анализ характеристик системы, анализ баллистической структуры и расчёт исходных данных для планирования работы элементов НКУ.

Командно-измерительная система

Командно-измерительная система — радиотехническое средство наземного автоматизированного комплекса управления в совокупности с бортовой аппаратурой НС, предназначенное для измерения параметров движения НС, передачи стандартных частот и сигналов времени для синхронизации бортового комплекса. Командно-измерительная система включает две составные части: наземные командные измерительные станции (КИС) и бортовые комплексы управления НС.



КИС обеспечивает работу со спутниками в частотных диапазонах [5]: запросная радиолиния (Земля—борт) — 5,7 ГГц, ответная радиолиния (борт—Земля) — 3,4 ГГц.

Беззапросные измерительные станции

Беззапросные измерительные станции (БИС) имеют основное назначение — выполнение круглосуточных непрерывных высокоточных измерений (оценок) для всех навигационных радиосигналов спутников ГЛОНАСС, находящихся в зоне радиовидимости. При появлении новых радиосигналов ГЛОНАСС с кодовым разделением в частотных диапазонах L1 и L2 (и любых других) в БИС должна быть реализована поддержка и этих радиосигналов. Интервал изменения

аппаратурной квазисистематической погрешности измерения дальности не должен превышать ±0,1 м, а скорость её изменения — ±0,1 м/сутки. Синхронизация работы БИС выполняется от высокостабильного стандарта частоты — водородного генератора Ч1-1006 с относительной нестабильностью в течение суток $\approx 10^{-14}$.

Квантово-оптические станции

Квантово-оптические станции (КОС) (см. рис. 3) предназначены для периодической юстировки радиотехнических каналов измерения (оценивания) дальности до НС с помощью лазерного дальномера. В этих целях на каждом спутнике размещены специальные лазерные отражатели. Применение КОС обеспечивает высокоточное измерение параметров движения спутников ГЛОНАСС.

Аппаратура контроля навигационного поля

Аппаратура контроля навигационного поля (АКНП) представляет собой высокоточную навигационную аппаратуру, располагаемую на контрольных станциях и имеющую высокоточную геодезическую привязку. Для оценки качества работы ГЛОНАСС предусматриваются диагностика работы основных бортовых систем спутников, контроль точности решения навигационной задачи и качества информации.

Навигационная аппаратура потребителей

Назначение и основные технические характеристики навигационной аппаратуры потребителя

Навигационная аппаратура потребителя (НАП) предназначена для определения пространственных координат, составляющих векторы скорости потребителя и текущего времени.

В настоящее время НАП СРНС используется для решения следующих задач:

- Координатно-временное обеспечение потребителей.
- Определение пространственной ориентации объектов.
- Временная синхронизация пространственно-разнесённых объектов.

Определение пространственной ориентации объекта с использованием радиосигналов осуществляется с использованием минимум трёх антенн, разнесённых в пространстве.

Принципы построения и работы навигационной аппаратуры потребителя

В НАП СРНС реализуются принципы навигационных определений.

Для определения координат потребителя в НАП необходимо сформировать оценки псевдодальностей для четырёх НС [1]. Для этого необходимо принять и обработать их радиосигналы, присутствующие на входе НАП. Для СРНС ГЛОНАСС отличительными характеристиками радиосигналов с частотным разделением являются несущие частоты радиосигналов, а для радиосигналов с кодовым разделением — дальномерные коды.

Поскольку координаты потребителю необходимо выдавать непрерывно и с высокой точностью, то в НАП осуществляется слежение за параметрами принимаемых радиосигналов с формированием оценок псевдодальностей и псевдоскоростей и последующим расчётом координат и скорости потребителя.

Для расчёта используется двухэтапная процедура.

На первом этапе формируются оценки параметров принятых радиосигналов (задержек, фаз, доплеровских смещений частот) и символов передаваемого навигационного сообщения, содержащего информацию о параметрах движения НС.

На втором этапе рассчитывают координаты потребителя и составляющие его вектора скорости.



Рис. 9

Обобщённая схема навигационной аппаратуры потребителя

Современная НАП — аналого-цифровая система, сочетающая аналоговую и цифровую обработку сигналов и включает:

- Антенну.
- Радиочастотный блок (РЧБ).
- Синтезатор частот (СЧ).
- Аналого-цифровой преобразователь (АЦП).
- Блок цифровой обработки (БЦО).

Антенна выполняет функцию преобразования электромагнитных волн в электрический сигнал.

Радиочастотный блок предназначен для усиления принятых радиосигналов, частотной селекции полезных радиосигналов, понижения несущей до промежуточной частоты.

Генератор и синтезатор частот формируют набор гармонических колебаний для работы РЧБ, шкалу времени НАП и тактовые сигналы для БЦО. Блок цифровой обработки решает задачу извлечения навигационной и другой информации из принятых радиосигналов.

Реализация БЦО включает в себя аппаратную часть, реализующую высокоскоростную обработку цифровых сигналов от АЦП с частотой дискретизации f_d, и программируемый вычислитель, в котором реализуются низкоскоростные алгоритмы обработки (с частотой обработки менее единиц килогерц).

Антенна

Антенна обеспечивает надёжный приём радиосигнала всех видимых спутников. Если антенна используется для двухчастотного приёмника, работающего в поддиапазонах L1 и L2, она должна быть широкополосной. Обычно используют микрополосковую антенну. Такая антенна имеет диаграмму направленности, обеспечивающую всенаправленный приём сигналов правосторонней круговой поляризации в верхней полусфере.

Антенна интегрируется в одном модуле с предварительным усилителем/полосовым фильтром, обеспечивающим заданный коэффициент шума и режекцию внеполосных помех, а также включает устройство защиты входа от перегрузок (**рис. 9**).

Радиочастотный блок

Основные функции радиочастотного блока:

- Усиление радиосигналов.
- Фильтрация шумов и внеполосных помех.
- Перенос сигналов на более низкую промежуточную частоту.

В устройстве осуществляется двукратное понижение частоты входного радиосигнала. Смеситель СМ1 переносит сигнал на первую промежуточную частоту $f_{пр1} \approx 100...200$ МГц, а смеситель СМ2 — на вторую промежуточную частоту $f_{пр2} \approx 10...40$ МГц.

Назначение ПФ1 — выделение радиосигналов НС и режекция внеполосных помех, поэтому он имеет полосу пропускания $\Delta f_{ПФ1} \approx 14$ МГц, соответствующую полосе частот открытого доступа.

Блок цифровой обработки

Блок цифровой обработки (БЦО), который располагается после АЦП, реша-

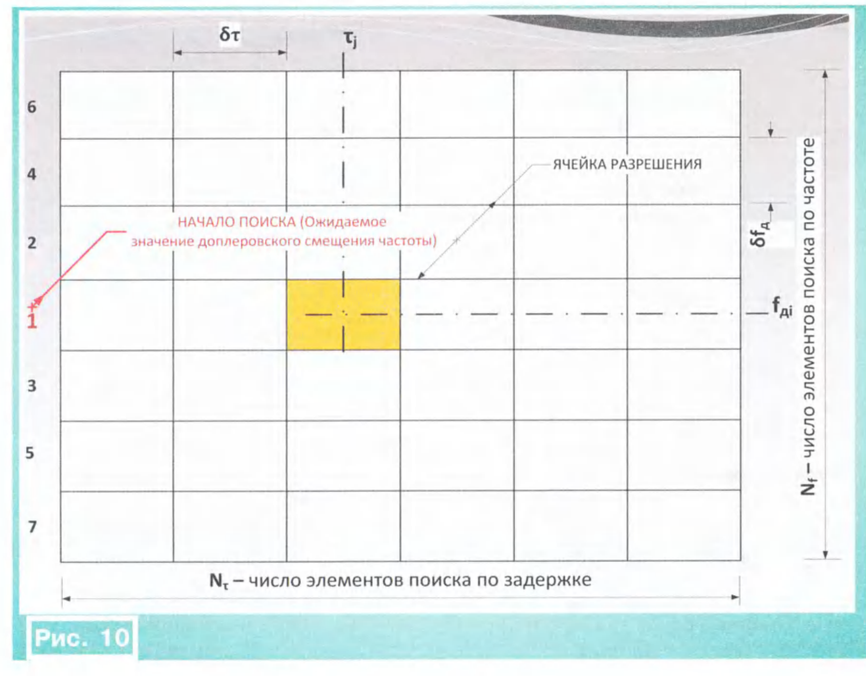


Рис. 10

ет задачу извлечения навигационной и другой информации из принятых радиосигналов, перенесённых на более низкую промежуточную частоту и далее преобразованных в цифровую форму. В БЦО реализуются как алгоритмы высокоскоростной обработки сигналов, поступающих от АЦП с частотой f_d (частота

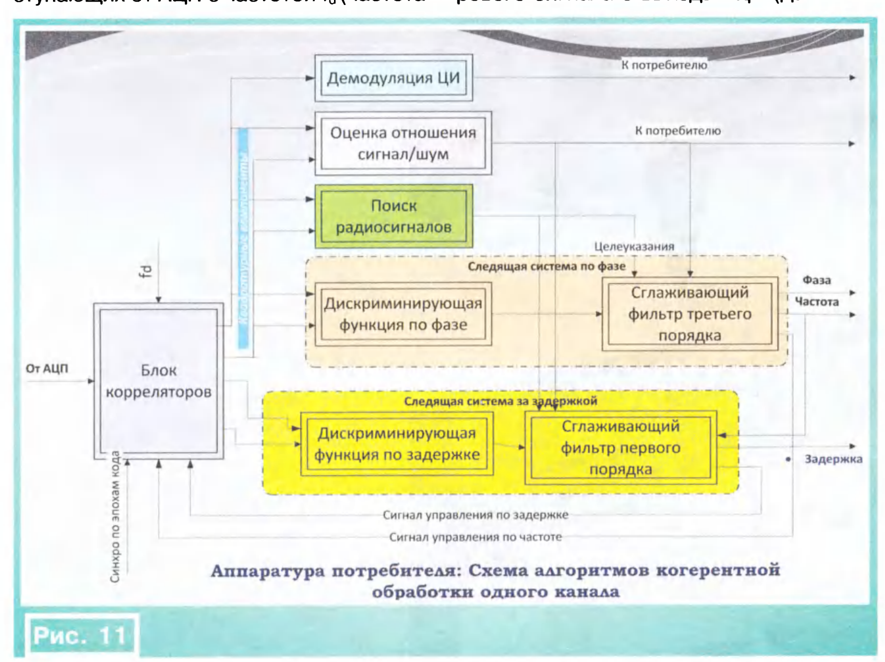


Рис. 11

дискретизации, выбираемая по теореме Котельникова), так и низкоскоростная обработка (с частотой 0,02...1 кГц) для более медленных процессов слежения за параметрами радиосигналов и решения навигационной и пользовательских задач.

По выполняемым функциям БЦО представляют в виде двух блоков:

- Блок первичной цифровой обработки (БПЦО) сигналов.
- Блок вторичной цифровой обработки (БВЦО) сигналов.

Блок первичной цифровой обработки

Блок первичной цифровой обработки выполняет следующие задачи:

- Распараллеливание обработки цифрового сигнала с выхода АЦП (далее — входной цифровой сигнал) на n каналов обработки (по числу принимаемых радиосигналов).
- Формирование опорных сигналов, дальномерных кодов огибающих и управляемых гармонических колебаний для каждого канала обработки.
- Корреляционная обработка входного цифрового сигнала в каждом n-м канале.
- Поиск радиосигналов по задержке и частоте.
- Слежение за задержками огибающих принимаемых радиосигналов и их частотой.
- Демодуляция символов цифровой информации, передаваемых в радиосигналах, и оценка их значений.
- Оценка отношения сигнал/шум $q_{c/n0}$ для принимаемых радиосигналов.
- Режекция узкополосных помех.

Распараллеливание обработки цифрового сигнала выполняется для радиосигналов с частотным разделением.

Корреляционная обработка, выполненная со всеми сигналами, обеспечивает распараллеливание дальнейшей обработки по каждому радиосигналу НС в отдельности, т. е. выполняет функцию разделения в БЦО обработки всех принимаемых радиосигналов НС на отдельные каналы обработки.

Учитывая это, для объяснения достаточно рассмотреть один канал обработки.

Поиск радиосигналов по задержке и частоте

При включении НАП не известно, какие спутники из орбитальной группировки (24 НС) находятся в зоне радиовидимости в данный момент времени. Поэтому одна из задач поиска радиосигналов — определение тех НС, сигналы которых можно обрабатывать для проведения навигационных определений. Другая задача — формирование предварительной оценки параметров радиосигналов, находящихся в зоне радиовидимости. В качестве оцениваемых параметров радиосигналов выступают задержка огибающей τ и доплеровское смещение частоты $f_д$. Схематично задачу поиска радиосигнала иллюстрирует **рис. 10**.

Для периодических радиосигналов интервал поиска по задержке равен периоду T_c, который, например, для радиосигнала с частотным разделением равен 1 мс, т. е. $\Delta\tau_{ap}$ = 1 мс. Диапазон поиска по доплеровскому смещению частоты зависит от геометрии взаимного движения спутника и потребителя и скорости движения последнего.

В процессе поиска анализируются все ячейки разрешения в заданном диапазоне поиска с целью выявления факта наличия радиосигнала того или иного НС, того или иного типа радиосигнала (с частотным или кодовым разделением, открытого или санкционированного доступа и др.) и грубой оценки параметров обнаруженного радиосигнала.

Анализ в каждой ячейке разрешения основан на вычислении корреляционных сумм, позволяющих выделить каждый анализируемый радиосигнал из принимаемой смеси радиосигналов. В качестве опорного сигнала выбирается сигнал, параметры которого (задержка и доплеровское смещение частоты) выбираются равными "координатам" центра анализируемой ячейки разрешения (τ_i, $f_{д,i}$).

В результате работы блока поиска формируются грубые оценки задержек и доплеровских смещений для обнаруженных радиосигналов, которые передаются в следящие системы за задержкой огибающей и частотой соответствующих радиосигналов в качестве начальных целеуказаний.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 12, 2022

Обобщённая схема алгоритмов обработки одного канала

Обобщённая схема реализуемых БПЦО алгоритмов обработки в одном канале приведена на **рис. 11**.

На вход БПЦО с выхода АЦП поступают отсчёты входного сигнала $\acute{Y}_{k-1,i}$ с частотой f_d, представляющие для одного канала обработки аддитивную смесь соответствующего сигнала $\check{s}(t_{k-1,l})$ и дискретного шума $n_{k,l}$.

Используется следящая система за фазой радиосигнала, что соответствует когерентной обработке радиосигнала.

Блок корреляторов

Здесь рассматривается один канал обработки. Отсчёты входного сигнала $\acute{Y}_{k-1,l}$ поступают на блок корреляторов, включающий от трёх до восьми корреляторов, в зависимости от типа обрабатываемого радиосигнала и алгоритмов работы дискриминаторов фазы, задержки и доплеровского смещения частоты (**рис. 12**).



Рис. 12

Под коррелятором понимают устройство, реализующее следующий алгоритм обработки отсчётов входного сигнала $\acute{Y}_{k-1,l}$:

$$u_k = \sum_{i=1}^{M} \acute{Y}\cdot s_{on}\cdot T_d,$$

где $s_{on}(t_{k-1,l})$ — опорный сигнал, представляющий собой "копию" принимаемого сигнала (все ПСП и ПЧ известны).

Для реализации опорных сигналов необходимо сформировать "копию" функции модуляции огибающей (ПСП...) и "копию" управляемого гармонического колебания (cos..., sin...), в которых осуществляется управление параметрами задержки и фазы.

На блок ГФМО (**рис. 12**) поступают сигналы синхронизации по эпохам кода (т. е. моментам времени, соответствующим концу текущего периода дальномерного кода принимаемого сигнала).

В современной НАП обрабатываются радиосигналы всех радиовидимых НС, поэтому блок корреляторов БПЦО включает корреляторы всех каналов обработки (от 36 до 96 корреляторов). Если в НАП одновременно обрабатываются радиосигналы нескольких НС, число корреляторов увеличивается в соответствующее число раз.

Демодуляция символов цифровой информации и оценка их значений

После вхождения в режим слежения за задержкой и фазой радиосигнала (вхождение в синхронизм) выполняются демодуляция символов цифровой информации (ЦИ) и оценка их значений (0 или 1), которые обозначаются ϑ_i. Демодуляция символов ЦИ включает процедуру синхронизации приёма символов. Алгоритм оценки значений принятого символа ЦИ основан на обработке отсчётов I_P, Q_P синфазного и квадратурного корреляторов.

Оценка отношения сигнал/шум для принимаемых радиосигналов

Оценка отношения сигнал/шум в НАП проводится по каждому радиосигналу, находящемуся в зоне радиовидимости. Эти оценки выводятся на экран для информирования потребителя об условиях видимости НС и прогноза качества навигационных определений.



Рис. 13

Блок вторичной цифровой обработки

Блок вторичной цифровой обработки (БВЦО) решает следующие задачи вторичной обработки информации:

- Формирование шкалы времени приёмника.
- Синхронизация шкал времени приёмника и СРНС.
- Формирование оценок псевдозадержек, псевдодоплеровских частот и псевдофаз.
- Выделение меток времени из навигационных сообщений принимаемых радиосигналов.
- Декодирования эфемеридных данных, альманахов, меток времени и др. из навигационных сообщений принимаемых радиосигналов.
- Оценка координат потребителя и составляющие его вектора скорости.
- Комплексная обработка данных НАП с данными других измерителей (инерциальных и др.) [6].
- Пользовательские алгоритмы маршрутизации, привязки к опорным точкам, вывода в заданный район и т. д.

Комплексная обработка навигационных данных навигационной аппаратуры потребителя с данными других измерителей

В ряде приложений НАП требуется повышенная точность определения координат и скорости потребителя. С этой целью НАП комплексируется с другими датчиками навигационной информации, такими как инерциальные (акселерометры, гироскопы), магнитные, доплеровские измерители скорости и др. При таком подходе возникает необходимость использования более сложных алгоритмов обработки в НАП, которые часто называют *комплексными алгоритмами обработки*.

Пользовательские алгоритмы

В современной НАП, наряду со стандартной задачей получения навигационных определений, реализуются алгоритмы, задаваемые пользователем [7, 8]. К ним могут относиться, например:

1. Совмещение текущих координат потребителя с картой местности.
2. Прокладка маршрута из точки нахождения потребителя в заданную точку.
3. Перевод координат потребителя из одной системы координат в другую.
4. Определение грубых координат потребителя в условиях недостаточной видимости необходимого числа НС.
5. Формирование баз данных для хранения навигационной информации.

Заключение

Наряду с широким использованием навигационных устройств ГЛОНАСС гражданами и на транспорте, приказом МО РФ [9] предписано использование и оснащение аппаратурой СРНС ГЛОНАСС технических средств и систем, образцов вооружения, военной и спецтехники, предназначенных для использования в войсках РФ (**рис. 13**).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Серопегин В.** ГЛОНАСС: принципы и характеристики. — Радио, 2022, № 11, с. 7—11.

2. ГОСТ Р52865-2009. Глобальная навигационная спутниковая система. Параметры радионавигационного поля. — М.: Стандартинформ, 2010.

3. Интерфейсный контрольный документ "Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Навигационные радиосигналы в диапазонах L1, L2". Версия 5.1, 2008.

4. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования. Изд. 4-е / Под ред. А. И. Перова, В. И. Харисова. — М.: Радиотехника, 2010.

5. ГЛОНАСС. Модернизация и перспективы развития / Под ред. А. И. Перова. — М.: Радиотехника, 2020.

6. **Бромберг П. В.** Теория инерциальных систем навигации. — М.: Наука, 1979.

7. Навигационная аппаратура потребителей ИНТЕГРАЦИЯ. — URL: **https://rirt.ru/ru/products/navigatsionnaya-apparatura-potrebite-3/** (19.10.22).

8. Навигационная аппаратура. — URL: **https://www.irz.ru/products/12/index.htm** (19.10.22).

9. Приказ Министра обороны Российской Федерации от 11 декабря 2012 г. № 3720 "О порядке оснащения Вооружённых Сил Российской Федерации аппаратурой спутниковой навигации и средствами функциональных дополнений".

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ШЕПТУХИН (R5GF), г. Липецк

РОССИЯ

ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛ. С 13 октября жители Урюпинска имеют возможность слушать "Радио Ваня" на частоте 90,3 МГц (источник — URL: **https://vk.com/svoeradiouryupinsk** (22.10.22)).

КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. С 13 октября 2022 г. после восьми лет молчания начались тестовые трансляции "Радио России" из радиоцентра Большаково в Калининградской области. Частота вещания — 1143 кГц, мощность передатчика — 150 кВт, антенна с круговой диаграммой направленности. Ориентировочное время работы — с 12:00 до 15:00 (источник — URL: **http://www.novosibdx.info/** (22.10.22)).

КАЛУЖСКАЯ ОБЛ. С 15 ч 13 октября 2022 г. и ежедневно на частоте 100,2 МГц в Обнинске, где раньше вещал "Серебряный дождь", теперь можно будет услышать "Наше радио" (источник — URL: **https://obninsk.name/news45263.htm** (22.10.22)).

КИРОВСКАЯ ОБЛ. В Кирове запустили "Новое радио". Частота вещания — 90 МГц (источник — URL: **https://vk.com/newradio_kirov** (22.10.22)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. В г. Тимашевске начало вещание "Наше радио" на частоте 92,1 МГц.

В Туапсе, в одном из самых красивых городов Краснодарского края, с 23 сентября 2022 г. можно наслаждаться джазом нон-стоп на "Радио JAZZ", оно начало своё вещание на частоте 95,8 МГц (источник — URL: **https://radiojazzfm.ru/news/radio-jazz-teper-veshchaet-i-v-tuapse** (22.10.22)).

К дружной семье курортных городов, где звучит радио "Хит FM", присоединился курорт Краснодарского края — г. Геленджик. Услышать хиты теперь можно на частоте 90,3 МГц.

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

КУРСКАЯ ОБЛ. В Курске скоро появятся две новые УКВ-радиостанции. Об этом сегодня сообщили в Комитете информации и печати Курской области. Решение было принято по итогам заседания федеральной конкурсной комиссии по телерадиовещанию. На частоте 92,1 МГц зазвучат позывные "Нового радио", — сообщили в комитете информации и печати Курской области. Это музыкальная станция, плейлисты которой составлены из песен популярных российских исполнителей. Плюс — шоу, развлекательные программы и четыре выпуска новостей ежедневно. Частоту 91,7 МГц отдали радио "Маруся FM". Здесь можно будет услышать популярные русские хиты и короткие новостные программы.

"Старт новым проектам будет дан не завтра, а только через 9—15 месяцев", — пояснил председатель комитета информации и печати Курской области Денис Михайлов. Столь большой подготовительный срок необходим для организации качественного вещания (источник — URL: **https://tele-satinfo.ru/index.php?id=15973/** (22.10.22)).

В пгт Кшенском Курской области перевели "Радио России" с частоты 72,41 МГц на частоту 91,5 МГц. Курская область стала как минимум 45-й областью, где уже нет советского УКВ-вещания (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014** (22.10.22)).

ОРЛОВСКАЯ ОБЛ. В г. Орле представлены следующие радиостанции в УКВ-диапазоне (в скобках указано местное время вещания, мощность передатчика и режим вещания):

— 68,15 МГц — "Радонеж" (16—21, 100 Вт, моно);
— 72,83 МГц — "Народное радио" (4—16, 1 кВт, моно);
— 96,7 МГц — "Радио Шансон" (0—24, 500 Вт, стерео);
— 98,5 МГц — Studio 21 (0—24, 1 кВт, стерео);
— 99,2 МГц — "Маяк" (0—24, 1 кВт, стерео);
— 99,6 МГц — "Дорожное радио" (0—24, 1 кВт, стерео);
— 100 МГц — "Русское радио" (0—24, 1 кВт, стерео);
— 100,4 МГц — "Экспресс радио" (3—21, 1 кВт, стерео;
— 100,9 МГц — "Европа плюс" (0—24, 1 кВт, стерео);
— 101,4 МГц — NRJ (0—24, 1 кВт, стерео);
— 101,8 МГц — "Радио 7" (0—24, 1 кВт, стерео);
— 102,3 МГц — "Радио России/ГТРК Орёл" (0—24, 1 кВт, стерео);
— 103 МГц — "Ретро FM" (0—24, 500 Вт, стерео);
— 103,5 МГц — "Радио Ваня" (0—24, 1 кВт, стерео);
— 103,9 МГц — "Юмор FM" (0—24, 1 кВт, стерео);
— 104,3 МГц — "Авторадио" (0—24, 1 кВт, стерео);
— 104,8 МГц — "Монте Карло" (0—24, 1 кВт, стерео);
— 105,5 МГц — DFM (0—24, 1 кВт, стерео);
— 106,1 МГц — "Радио Дача" (0—2, 1 кВт, стерео);
— 107,4 МГц — "Серебряный дождь" (0—24, 500 Вт, стерео);
— 107,8 МГц — "Новое радио" (0—24, 500 Вт, стерео).

ПЕНЗЕНСКАЯ ОБЛ. С 21 сентября 2022 г. в Пензе на частоте 98,7 МГц зазвучало радио Like FM.

ПЕРМСКИЙ КРАЙ. В Перми полностью прекратит работу "Радио Шансон", правами на вещание которого по франшизе владеет "Газпром Медиа Холдинг". На частоте 105,1 МГц в краевой столице будет вещать радиостанция Relax, сообщили источники, знакомые с ситуацией в холдинге. По их данным, решение о замене радиостанции принято по экономическим причинам. Для "Газпрома" "Радио Шансон" является франшизой, а радио Relax FM — собственной радиостанцией. Таким образом, "Газпром" оптимизирует расходы. Не придётся платить франшизу владельцам "Радио Шансон", в Перми появится своя радиостанция, с которой доходы

от рекламы будут поступать напрямую в холдинг. Также не нужно будет платить зарплату ведущим, которых на Relax FM нет, пояснили собеседники URA.RU. По данным источников агентства, "Радио Шансон" прекратит вещание в Перми примерно через два месяца. За это время будут решены вопросы с лицензией на вещание на этой частоте. URA.RU направлен запрос в "Газпром Медиа Холдинг" с просьбой прокомментировать ситуацию. На момент публикации материала ответ не получен. В Перми медиахолдинг "Газпрома" владеет радиобрендами "Авторадио", "Радио Energy", "Юмор FM", Comedy Radio, "Радио Шансон" и "Детское радио". Летом собственник передал эти радиостанции в управление ГК "Выбери радио", принадлежащей российскому медиамагнату Ивану Таврину (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__84228/** (22.10.22)).

В Соликамске запустили радиостанцию "L" на частоте 95,1 МГц.

ПРИМОРСКИЙ КРАЙ. С 9 октября 2022 г. запустили "Приморскую волну" сразу в двух городах — Спасск-Дальний (96,5 МГц) и Арсеньев (101,7 МГц). Города вещания радиостанции "Приморская Волна":

— Уссурийск, частота вещания — 90 МГц;

— Находка, частота вещания — 101,9 МГц;

— Лесозаводск, частота вещания — 105,1 МГц;

— Партизанск, частота вещания — 100,3 МГц;

— Дальнереченск, частота вещания — 104,5 МГц;

— Лучегорск, частота вещания — 105,5 МГц

(источник — URL: **http://primvolna.ru/** (22.10.22)).

СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ. Самое танцевальное и зажигательное радио DFM отныне звучит в городах Кисловодске (100 МГц), Невинномысске (95,9 МГц), Пятигорске (88,4 МГц), Минеральных Водах (91,6 МГц) и Михайловске (96,9 МГц). Таким образом, потенциальная аудитория радиостанции увеличилась более чем на 500 тыс. человек (источник — URL: **https://rmg.ru/news/veshanie-radio-dfm-startovalo-v-gorodah-stavropolskogo-kraya** (22.10.22)).

ТАТАРСТАН. "Наше радио" появилось в г. Набережные Челны на частоте 95,9 МГц, сообщает Telegram-канал "Радиоточка НСН". "Наше Радио" — одна из ведущих российских радиостанций. Каждый день её слушают около 6 млн человек (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__84245/** (22.10.22)).

"Новое радио" в эфире г. Альметьевска — на частоте 95,5 МГц. Мощность передатчика — 100 Вт, охват — 177 тыс. человек.

УЛЬЯНОВСКАЯ ОБЛ. В Ульяновске начало вещание "Радио Вера" на частоте 93,6 МГц (источник — URL: **https://mitropolia-simbirsk.ru/2022/10/17/v-ulyanovske-nachalo-veshhanie-radio-vera** (22.10.22)).

ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛ. В Троицке начало вещание "Авторадио" на частоте 87,8 МГц. Уровень сигнала — отличный, качество звука — среднее. Запущено 20 сентября 2022 г. (источник — URL: **https://vk.com/wall-18520524_38315** (22.10.22)).

ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АО. ПТРК "Луч" заключила соглашение с тремя ведущими радиостанциями России. До конца года в г. Тарко-Сале начнут вещание: "Шоколад", "Европа Плюс" и "Авторадио". По поручению главы Пуровского района Антона Колодина было приобретено передающее оборудование, которое в данный момент уже монтируется для обеспечения качества сигнала. Антенно-мачтовая установка находится на территории "Пурсвязь". Кстати, мощности её сигнала хватит и на пос. Пуровск. Что касается выбора новых радиостанций, то его сделали сами таркосалинцы путём голосования в Интернете. Разрешительные документы на вещание сейчас находятся в стадии согласования. Скоро радиоприёмники можно будет настроить на выбор на эти три радиостанции, ну и радио "Луч" также никуда не исчезнет.

Рафаэль Утхунов, генеральный директор ПТРК "Луч": "Основной плюс в том, что теперь мы будем самостоятельно, без посредников, заниматься распространением сигнала. Самое главное, у нас появится возможность, увеличивать число радиостанций. Для удобства и комфорта наших слушателей будет вещать не только наш "Луч", который мы все любим, а также мы сможем заниматься ретрансляцией и других популярных радиостанций (источник — URL: **https://tele-satinfo.ru/index.php?id=15911** (22.10.22)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

ВЕЛИКОБРИТАНИЯ. Всемирная служба BBC планирует перейти к цифровым услугам (машинный перевод статьи).

Всемирная служба BBC наметила планы по ускорению своих цифровых предложений и увеличению воздействия на аудиторию по всему миру. Это поддерживает стратегию BBC, о которой было объявлено ранее в этом году, по созданию современной, управляемой цифровыми технологиями и оптимизированной организации, которая будет получать максимальную отдачу от лицензионных сборов и приносить больше пользы аудитории. Меняющиеся потребности аудитории по всему миру — всё больше людей получают доступ к новостям в цифровом формате, сопровождаются сложным финансовым климатом. Высокая инфляция, стремительно растущие расходы и фиксированная оплата лицензионных сборов привели к тому, что BBC пришлось сделать нелёгкий выбор, и международным службам BBC необходимо сэкономить 28,5 млн фунтов стерлингов в рамках более широких ежегодных сбережений и реинвестирования 500 млн фунтов стерлингов, сделать BBC цифровым. Сегодняшние предложения влекут за собой закрытие в общей сложности около 382 постов. Предложения предусматривают, что ещё семь лингвистических услуг перейдут только на цифровую форму, смоделировав успех других, которые уже предлагают чисто цифровые услуги и хорошо работают с аудиторией. Это означает, что почти половина сорока одной языковой услуги будет только цифровой. Всемирная служба BBC будет продолжать работать на всех языках и во всех странах, где она присутствует в настоящее время, включая новые языки, добавленные в ходе её расширения в 2016 г. Никакие языковые службы не будут закрыты. Некоторые теле- и радиопередачи будут остановлены в соответствии с новыми планами. Арабское радио BBC и персидское радио BBC также прекратят свою работу.

Предлагаемые изменения во Всемирной службе включают:

— сосредоточение внимания на собственных платформах и присутствии на рынках, а также на сокращение объёма синдицированного (повторного) теле- и радиоконтента на партнёрских платформах на некоторых территориях;

— сосредоточенность на влиянии, а не на охвате означает, что нужно больше аудитории, чтобы приходить на наши платформы. Именно здесь аудитория наиболее тесно связана с BBC, и здесь мы можем построить долгосрочное взаимодействие;

— создание нового централизованного цифрового центра ввода в эксплуатацию и сбора новостей для создания высокоэффективного контента для распространения во всех неанглоязычных сервисах;

— перемещение части производства из Лондона ближе к аудитории для привлечения внимания. Например, перемещение тайской службы из Лондона в Бангкок, корейской службы— в Сеул, службы Bangla— в Дакку и бюллетеня Focus On Africa TV — в Найроби;

— объединение длинного контента, такого как расследования и документальные фильмы, сделанные Africa Eye, отделом расследований и документальными фильмами BBC на арабском языке, чтобы обеспечить совместный подход на наших платформах и сервисах, чтобы истории могли путешествовать дальше по всему миру, а также в Великобритании;

— создание нового подразделения China Global Unit в Лондоне, чтобы рассказать миру глобальную историю Китая;

— создание динамичного центра контента в Африке, который заказывает и доставляет оригинальный, характерный и впечатляющий первый цифровой контент для всех 12 африканских языковых служб, цифрового телевидения и радио, а также охватывает весь континент для остальной части BBC;

— продолжение линейного телевещания на арабском и персидском языках и инвестиции в создание аудио и других цифровых возможностей на арабском и персидском языках для замены радио;

— закрытие некоторых радиослужб, например, арабского, бангла, персидского и некоторых телепрограмм местных вещательных компаний в Африке и Азии.

World Service English вносит изменения в своё содержание и расписание, что позволит инвестировать в новые инициативы, включая новый подкаст для более молодой аудитории во всём мире и расширить предложение подкастов. Станция также планирует запустить новую часовую научную ветвь из нового научного подразделения в Кардиффе, а также добавить в расписание больше прямых новостей и спортивных программ.

Языковые услуги, которые уже являются только цифровыми: азербайджанский, бразильский, маратхи, мундо, пенджаби, русский, сербский, сингальский, тайский, турецкий и вьетнамский.

Радиослужбы, которые BBC предлагает прекратить: арабский, персидский, киргизский, узбекский, хинди, бенгальский, китайский, индонезийский, тамильский и урду.

Языковые службы, которые BBC предлагает перевести на цифровые технологии, включают китайский, гуджарати, игбо, индонезийский, пиджин, урду и йоруба (источник — URL: **https://twitter.censors.us/BBCNewsPR/status/1575442167593668610** (22.10.22)).

Хорошего приёма и 73!

Активные антенны Е-поля

Часть 8

Активные диполи (окончание)

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

АА-3-0 — простой измерительный антенный диполь

Схема простого, но качественного активного диполя (АД) показана на **рис. 25**. Он универсален для проведения первых экспериментов, измерительных задач и радиовещательного приёма. Наверное, проще уже некуда, если не вернуться к трансформатору и закрыть глаза на его "кривую" работу. Для измерительных целей он без дросселей L1 и L2 (установить проволочную перемычку) обеспечивает ровную АЧХ и гладкую ФЧХ в диапазоне частот от 3 кГц до 8 МГц. С установкой дросселей диапазон качественного приёма расширяется на КВ до частоты 18 МГц при АЭ длиной по 100...200 см.

С короткими АЭ длиной всего 10...20 см можно легко обследовать обстановку вокруг городского здания для выбора выгодной позиции стационарной антенны, а также искать источники помех внутри здания. Приём на ДВ-СВ получается приемлемым. Резистор R7 улучшает симметрию при высоких частотах на 6...10 дБ, так как ёмкости сток—затвор транзисторов одинаково передают сигнал со стоков обратно к затворам. Это несколько уменьшит верхнюю граничную частоту, но тут важнее симметрия. Условие хорошей работы этого АД — высокая крутизна транзисторов при малом токе, она должна быть не менее 20 мА/В. Подходят транзисторы, которые при $U_{СИ}$ > 3 В полноценно работоспособны. Это транзисторы серий BF862, 2SK3557, 2SK2394, а при изменении топологии печатной платы — ещё и КП341, КП365.

Для инжектора тока в ДУ используется источник тока 8...9 мА на транзисторе VT1 с динамическим импедансом более 3 кОм, что позволяет обойтись без катушек индуктивности. Такой источник тока работает одинаково в диапазоне частот 0...20 МГц с импедансом 5 кОм. На частотах более 30 МГц проявится ёмкостная составляющая импеданса. Ток устанавливают подборкой резистора R1, и в ДУ через каждый из транзисторов будет протекать ток по 4...4,5 мА. Шумовой ток VT1 участвует на выходе на половину, это принципиальный недостаток асимметричного выхода ДУ. Итого эта АА шумит на 4...5 дБ больше, чем один транзистор BF862. Но на КВ до частоты 18 МГц при АЭ длиной по 100 см это не критично, а на ДВ-СВ эфир шумит намного больше.

Резистор R13 (сопротивлением 51 Ом или 75 Ом) обеспечивает согласование с кабелем, а также через него питается часть узлов АА. Делитель R8R11 формирует напряжение на затворах транзисторов VT2, VT3 и защитных диодах VD1, VD2. Напряжение на стабилитроне VD3 должно быть меньше его напряжения пробоя (отсутствует ток), когда нет опасных импульсных помех.

Фрагмент печатной платы показан на **рис. 26**, а смонтированная плата — на **рис. 27**. Сначала на плату монтируют транзистор VT1, и резистором R1 устанавливают ток стока 8...9 мА. Потом монтируют остальные элементы и проверяют идентичность токов стока транзисторов VT2 и VT3. Монтажные элементы в комплекте печатной платы обеспечивают надёжное крепление дипольных элементов и коаксиального разъёма (**рис. 28**).

Очень удобно крепить АЭ (здесь это телескопические антенны с максимальной длиной 120 см и резьбой М4) с помощью распиленных N-шин, которые предназначены для заземления домаш-

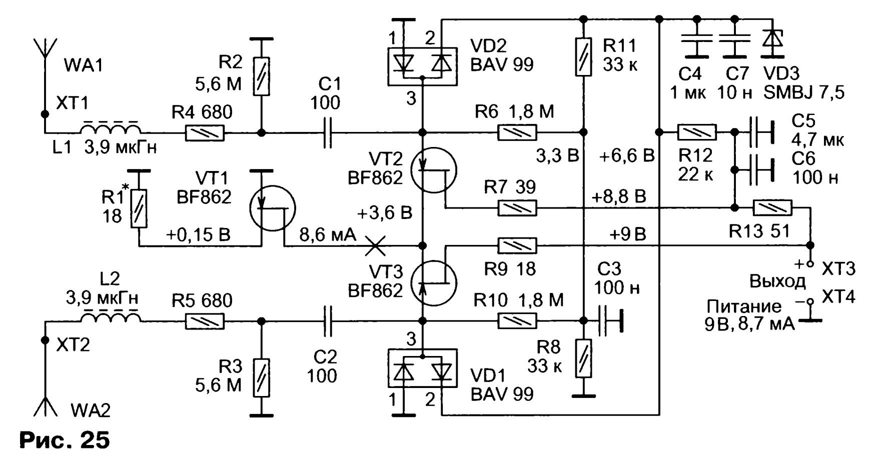


Рис. 25

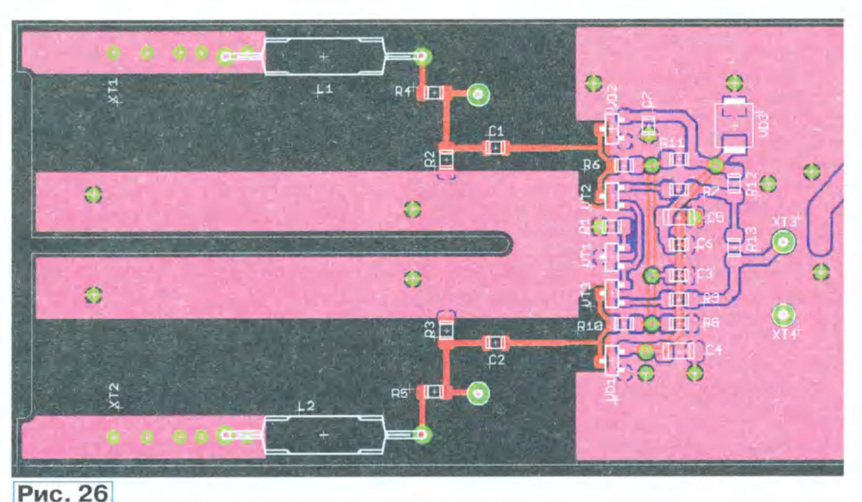


Рис. 26

ней электрики. АЭ можно разместить в крестовину сантехнических труб DN50, к ней добавить переходники DN32 для плеч диполя, сверху установить заглушку.

При двухтональном сигнале (3,9/4,1 МГц) 2×400 мВ в ДУ наступает жёсткое ограничение. При сигнале 2×200 мВ образуется IM_3 = –40 дБ и при идеальной идентичности транзисторов IM_2 останется ниже –60 дБ. Это в разы лучше, чем у ОУ AD8129. При сигнале 2×10 мВ вся интермодуляция будет ниже –100 дБ. Это хорошо стыкуется со многими бюджетными приёмниками. Диполь был проверен с двумя АЭ длиной по 120 см и не показал явных признаков искажений. Тут помогает эффект подавления действия фидера в качестве противовеса. Два объёмных АЭ длиной по 30 см обеспечивают приём на

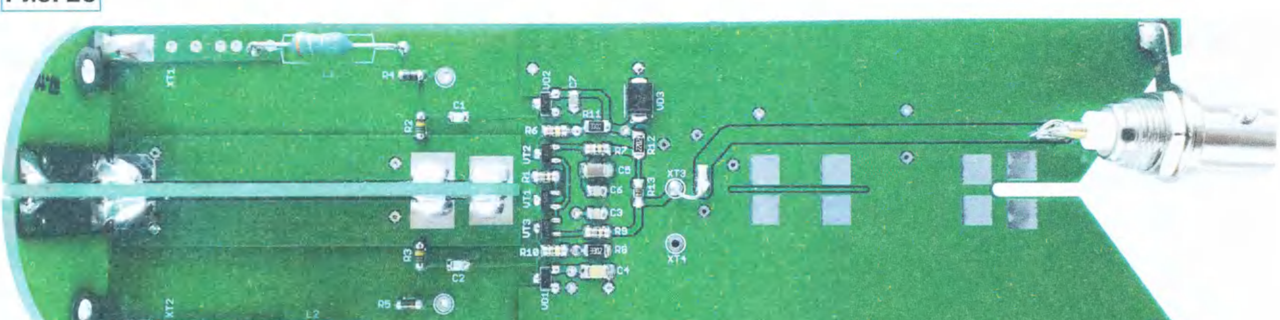


Рис. 27

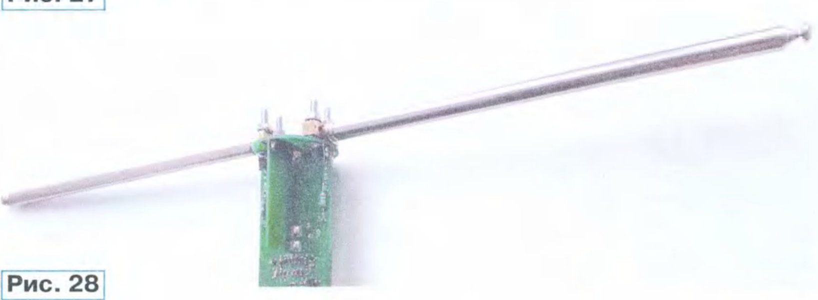


Рис. 28

ДВ и СВ без ухудшения С/Ш благодаря малой шумовой ЭДС у транзисторов BF862.

АЧХ диполя с двумя АЭ длиной по 100 см — ровная до частоты 18 МГц (при L1 = L2 = 3,9 мкГн, серия CECL). Ёмкость у затворов составляет по 7,8 пФ. Каждое плечо ДУ в отдельности работает до частоты 30 МГц при подаче сигнала от источника сигнала с выходным сопротивлением 50 Ом. Таким образом, эта АА перекрывает все важные радиовещательные диапазоны.

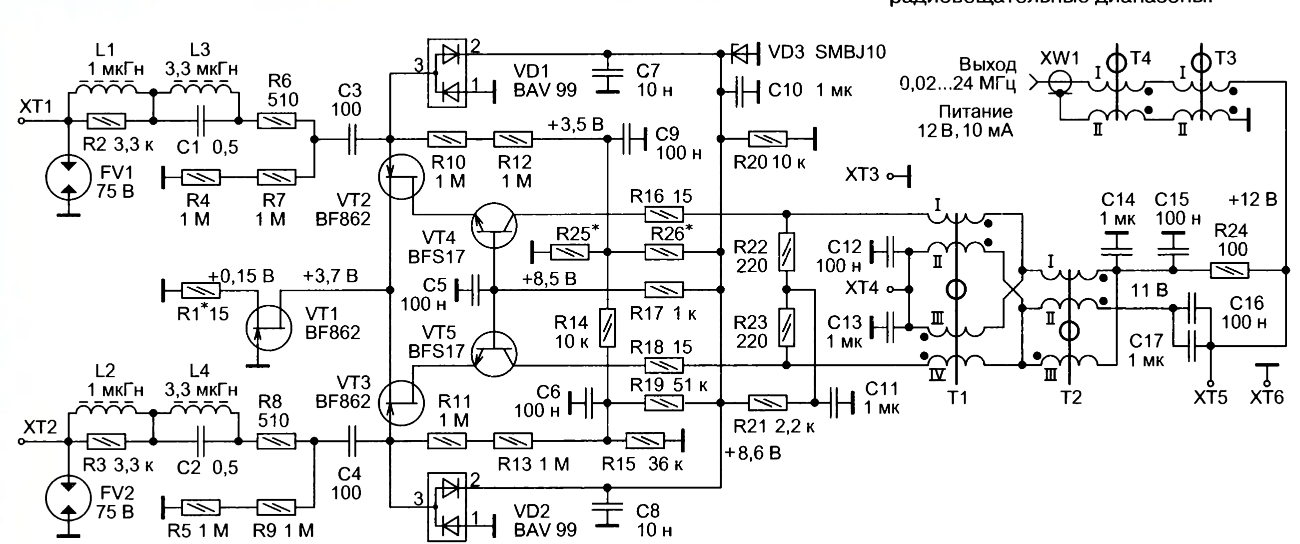


Рис. 29

Разностный сигнал передаётся с $K_п$ = 0,25 к нагрузке сопротивлением 50 Ом. Однако большинство бюджетных приёмников имеют входное сопротивление сотни Ом, поэтому на практике получается $K_п$ = 0,4. При налаженном балансе синфазный сигнал подавляется на 40 дБ. На столько же подавляются и помехи, которые приходят через кабель из дома, если их размах не превышает 3 В.

По питанию этот АД сочетается с приёмником серии "Океан", и на природе приём в диапазоне ДВ-СВ с этим АД был качественнее, чем на встроенную магнитную антенну. Плечи диполя были длиной по 40 см. Применение отечественных диодов КД707АС9 и транзисторов КП341А не ухудшит работу устройства. Разработанная печатная плата имеет относительно большую ёмкость входной медной проводки (2 пФ). В более удачной топологии можно было расширить приём до частоты 21 МГц.

АА-3-1 — АД с высокой симметрией

Схема АА-3-1 показана на **рис. 29**. В этом АД сделана ставка на идеальную симметрию, устойчивость к синфазным воздействиям, улучшенное усиление в сочетании с малым шумом.

В схеме предусмотрены синфазные дроссели-трансформаторы Т3 и Т4, это и добро и зло одновременно, и нужно выбрать более важный параметр в конкретной ситуации. Это — или подавление помех в ограниченной части спектра, или глубокая симметрия всей конструкции и отсутствие искажений ДН. То есть, если местные синфазные помехи не вызывают проблем с запасом по напряжению в ДУ по их подавлению, эти дроссели лучше не ставить. Для эксперимента я поставил два дросселя индуктивностью по 7 мкГн и 100 мкГн, и получился паразитный приём на КВ без включения питания на 20 дБ слабее, чем с питанием. Следовательно, провалы в ДН диполя имеют глубину не более 20 дБ вместо возможных 40 дБ. Получилось так, что вся печатная плата с антенными элементами вместе превратились в пассивную антенну от действия, в первую очередь, дросселя индуктивностью 100 мкГн. Наверное, эти номиналы стоит понимать как разумный предел. С ними можно подавить только мощные помехи на высоких КВ и УКВ диапазонах и с суммарной индуктивностью до 30 мкГн. Если синфазные дроссели Т3 и Т4 не использовать, а это рекомендуется по умолчанию, коаксиальный кабель подключают к контактам ХТ5 и ХТ6.

раниченными размерами. У "монопольных" АА имеется противовес в 2...3 раза больше размера АЭ. По этой причине рекомендуется в АД применить транзисторы с большой крутизной, поэтому выбор выпал на BF862. Для расширения квазилинейного режима в АД АА-3-1 режим был выбран с током стока по 5 мА и крутизной около 20 мА/В, для ДУ в целом получено 10 мА/В. Таким образом, коэффициент передачи для разностного сигнала к нагрузке 50 Ом можно ожидать не менее 0,5, и возможна работа с фидером хорошего качества длиной до 50 м.

Транзисторы VT4 и VT5 с низким эмиттерным импедансом избавят транзисторы VT2 и VT3 от влияния вредной ООС через ёмкости ССЗ, и это снизит входную ёмкость усилителя. Поэтому эта АА работает до частоты 24 МГц, в отличие от 18 МГц у АА-3-0, и этим исчерпан потенциал транзистора BF862. Более широкополосный АД до 30...40 МГц можно реализовать на транзисторах серий КП905А и КТ939А и с другими масштабами конструкции.

Выходной трансформатор Т1 увеличивает сопротивление нагрузки для транзисторов VT4 и VT5 в четыре раза — это ключевой момент для обеспечения усиления. Последующий трансформатор Т2 с высокой точностью преобразу-

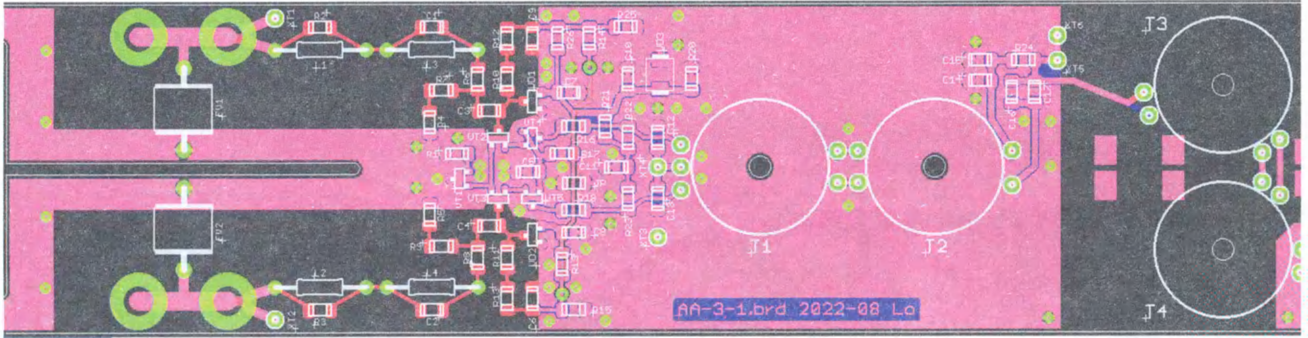


Рис. 30

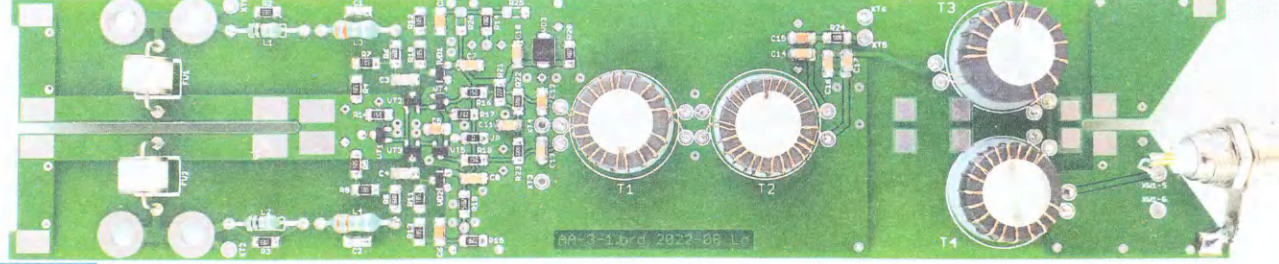


Рис. 31

Напряжение питания 9...12 В поступает по фидеру на гнездо XW1. В тестовом или автономном режиме питающее напряжение можно подать на контакты ХТ3 и ХТ4, нужно обеспечить развязку к приёмнику по постоянному току. Работоспособность с умеренным качеством АД сохраняется при снижении напряжения питания до 3,6 В. Источник постоянного тока 10 мА на транзисторе VT1 выдерживает размах синфазных помех до 3 В без выхода из горизонтальной части выходной ВАХ, чем обеспечивается их подавление не менее 40 дБ.

При разработке этого АД был проверен вариант с применением ВЧ-MOSFET серий 2SK544 и BF987 в режиме "на горке". Однако ожидаемая их крутизна 10...15 мА/В дала бы всего ДУ крутизну 5...7,5 мА/В. При нагрузке между стоками 100 Ом это соответствовало бы коэффициенту передачи $K_п$ = 0,5...0,75 и после трансформатора на выходе получился бы $K_п$ = 0,25...0,38. По опыту с АА-3-0 подобное малое усиление АД является критическим параметром, так как приём получается за счёт двух плеч с ог-

ет симметричный сигнал в асимметричный во всём рабочем диапазоне частот 0,02...24 МГц. Согласование с кабелем снижения 50 Ом обеспечивается с помощью трансформатора Т2, который преобразует сопротивление резисторов R22 и R23 и импеданс транзисторов (около 400 Ом) в 100 Ом. Одновременно резистор R24 добавит параллельно 100 Ом, и в результате получается 50 Ом. Трансформаторы работают в режиме компенсации подмагничивания, поэтому можно применить малогабаритные изделия. Однако лучшая

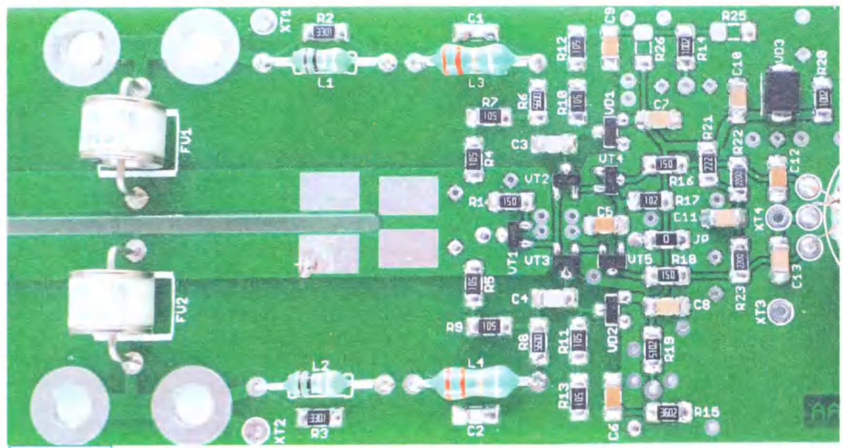


Рис. 32

Рис. 33

широкополосность получается с более габаритными изделиями и правильно скрученными двухпроводными обмотками. К тому же и низкочастотная интермодуляция в феррите будет не заметна.

Налаживание этого АД крайне простое — это предварительный подбор транзисторов VT2 и VT3 по сопротивлению канала и напряжению отсечки при токе стока 100 мкА. Резистором R1 устанавливают ток по 5...6 мА для каждого из транзисторов ДУ. Вид печатной платы показан на **рис. 30**, а смонтированная плата — на **рис. 31** и **рис. 32**.

На печатной плате для надёжного соединения отдельных участков общего провода с двух сторон установлены две перемычки типоразмера 1206 (надпись JP, между резисторами R17 и R18).

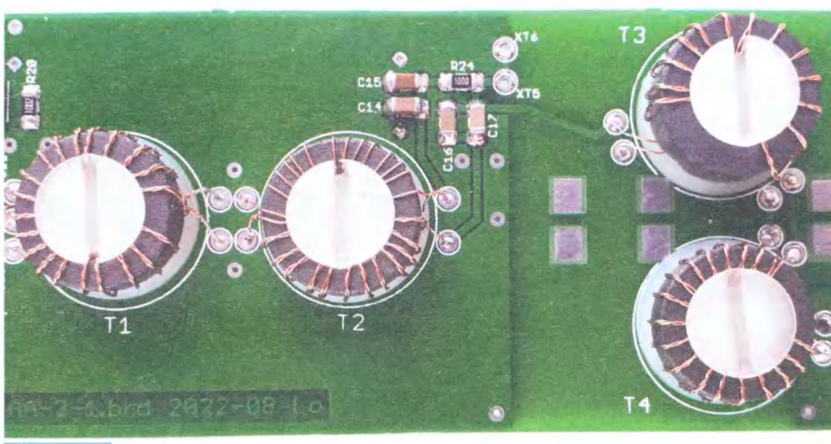


Рис. 34

Трансформаторы T1 и T2 намотаны двумя скрученными проводами на кольцевых магнитопроводах из феррита МН2000—МН6000, обмотки на одном трансформаторе имеют одинаковую индуктивность по 160...250 мкГн (не критично). Провод 0,2 мм хорошо себя ведёт при намотке на магнитопроводах диаметром 16 мм. Оптимальными являются магнитопроводы из феррита М4000НМ, главное, надо соблюдать плотную скрутку проводов (Z ближе к 55...60 Ом) и индуктивность обмоток 160...250 мкГн. Процесс намотки обмотки III одиночным проводом в трансформаторе T2 облегчается, если провод припаять к "иголке" из медного провода (**рис. 33**).

Расположение обмоток показано на **рис. 34**, здесь они намотаны на кольцевых ферритовых магнитопроводах М4000НМ К16×10×5 и закреплены на плате с помощью нейлоновых шайб и винтов М6. С этим ферритом обеспечивается ровная АЧХ в диапазоне 0,02...30 МГц (по уровню −3 дБ) при правильном согласовании.

Дроссель-трансформатор T3 намотан на магнитопроводе К16×8×6 из феррита М50НН и содержит 2×13 витков (2×7 мкГн) обмоточного провода диаметром 0,2 мм. Собственный резонанс этого дросселя образуется в районе 100 МГц. Этот дроссель можно профилактически установить при размещении диполя на крыше в мегаполисе. Трансформатор T4 намотан на магнитопроводе К16×10×5 из феррита М1000НМ и содержит 2×10 витков (2×100 мкГн) такого же провода, собственная резонансная частота — около 7 МГц. Такой дроссель следует установить при тяжёлых проблемах в нижнем и среднем КВ-диапазонах, а также оптимизировать работу АД правильным разворотом ДН относительно источника этих мощных помех. Для решения проблем на высоких КВ-диапазонах можно применить ферриты М1000НН и М400НН. Исполнение этих дросселей из коаксиального кабеля предельно малого сечения ничего не меняет по эффективности и решению проблем.

Контуры L3C1 и L4C2 настроены на частоту 100 МГц и обеспечивают особо глубокий провал на этой частоте для работы в городе. Для работы за городом лучше вместо двух импортных дросселей L1 и L3 (L2 и L4) установить один индуктивностью 3 мкГн из серии ДМ (ДПМ) и получить большее затухание на частотах более 50 МГц.

С помощью резисторов R25 и R26 можно подобрать симметрию с лучшим подавлением IM_2. Если для этого потребуются номиналы в несколько мегаом в отдельности, лучше установить оба резистора с сопротивлением сотни килоом с малой разницей их номиналов.

АД с тем же успехом можно реализовать на диодах КД707АС9, транзисторах КП341А, КТ368А9 и стабилитроне КС168А. Однако потребуется другая печатная плата, при этом надо следить за малыми конструктивными ёмкостями в цепях затворов VT2 и VT3.

Без входных индуктивностей АУ работает в измерительном тракте на 50 Ом в диапазоне 0,03...60 МГц. Входные ёмкости составляют по 9 пФ, и поэтому ограничена реальная работа до 24 МГц с входной Г-трансформацией, а без неё — до 12 МГц с АЭ больших размеров.

Интермодуляция IM_3 на уровне −40 дБ появится при 2×250 мВ размаха, при этом IM_2 также выходит на −40 дБ. При 2×10 мВ вся интермодуляция останется ниже −100 дБ. Ограничивает динамический диапазон короткая ВАХ у транзисторов BF862. Поэтому стоит подобрать пару с особо большим начальным током (малое сопротивление канала) и большим напряжением отсечки, и результаты могут быть на 6...10 дБ лучше указанных.

Особенно радует низкий уровень шума при короткозамкнутых входах, похоже на ранее отмеченный малый шум у АА-2-3. Несмотря на $K_п$ = 0,5 при полной чувствительности у SDR Perseus добавится всего 1..2 дБ к шумовой дорожке при коротко замкнутых на общий провод входов. То есть, по сравнению с АА-3-0 на КВ получено расширение ДД в сторону слабых сигналов на 4...6 дБ.

Отмечены одинаково глубокие два провала в дипольной ДН на всех частотах рабочего диапазона. Замер синфазного подавления показал всегда более 40 дБ (без T3 и T4). Антенные элементы длиной по 120 см не вызвали интермодуляционных искажений в вечернее время при приёме в режиме SSB.

АА-3-2 — широкополосный АД на биполярных транзисторах

Эта АА в течение нескольких лет разрабатывалась в тесном сотрудничестве с Виктором Тура (г. Николаев, Украина).

По результатам его ВЧ-моделирования и проведённых опытов касательно взаимодействия радиоэфира с АЭ и усилителем были приняты основные технические решения.

Этот диполь предназначен для работы на высокочастотных КВ-диапазонах, потому что при удачном подборе режима согласование по мощности и шуму получается на этих частотах лучше с биполярным транзистором. Тем не менее, при вертикальном расположении этот диполь и на частотах выше 500 кГц показывает остаточный приём на СВ. При установке на крыше обеспечивается приём УКВ-радиовещания до 110 МГц, а в районе аэропортов и в диапазоне на 118...135 МГц приём стабилен. Максимальная чувствительность для дальнего приёма обеспечивается в диапазоне 2...60 МГц. Длина АЭ — 2×100 см — подобрана для лучшего КВ-приёма. Схема этого АД показана на **рис. 35**.

Диод VD3 при росте температуры обеспечивает снижение токов транзисторов VT1 и VT2, что стабилизирует усиление при температурных перепадах. Ток транзисторов 2×10 мА задают резистор R5 и активное сопротивление дросселей L3, L4, в сумме — это около 27 Ом. Резистивный делитель R12R13 для базового смещения потребляет 2 мА с большим резервом на крайние режимы эксплуатации.

Биполярные транзисторы VT1 и VT2 легко вывести из строя минусовым напряжением на базе относительно эмиттера, достаточно нескольких вольт, поэтому они работают при малом напряжении и при срабатывании защитных диодов VD1, VD2 напряжение на базах не превысит максимально допустимого. При импульсе плюсовой полярности под опасность попадают транзисторы VT3, VT4, поэтому защита осуществляется цепью VD3C7C8. Для работы при более высоком напряжении

Проверяют выходной узел, подавая сигнал от генератора с выходным сопротивлением 50 Ом на выход (без питания), желательно в диапазоне 0,1...150 МГц. На резисторах R16 и R17 образуются строго противофазные сигналы с одинаковой амплитудой в диапазоне 0,5...70 МГц. Много зависит от аккуратного размещения обмоток и скручивания двухпроводных выводов прямо от магнитопровода (**рис. 37**).

Затем на плату монтируют остальные элементы, кроме транзисторов, и проверяют сопротивления резисторов и напряжения. Установив транзисторы (**рис. 38**), проверяют работоспособность. Транзисторы не требуют тщательного подбора, межэмиттерная ООС определяет качество симметрии. Однако, как показал опыт, у транзисторов серий BFS17, BFS20, как и у их аналога КТ368А9, совпадение по напряжению база—эмиттер (проверить тестером для диодов при замыкании базы с кол-

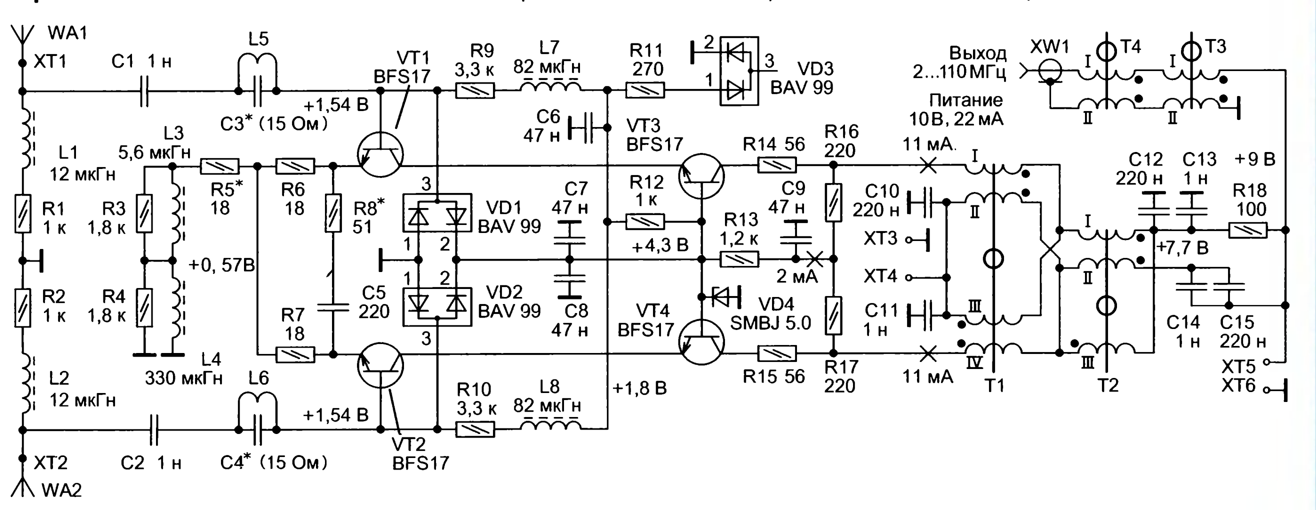


Рис. 35

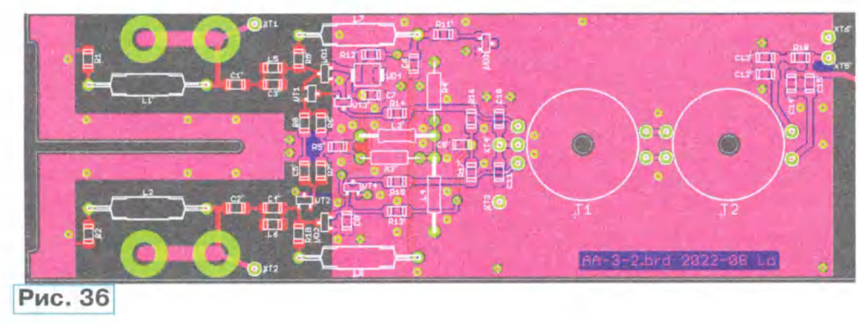


Рис. 36

Токи транзисторов по 10 мА и межэмиттерная цепь ООС R6R7R8C5 обеспечивают хорошую линейность при сигнале в десятки милливольт и достаточное усиление при приемлемых шумах. Контуры L5C3 и L6C4 устраняют мощные помехи на УКВ и СВЧ, по умолчанию вместо них надо установить резисторы сопротивлением 15 Ом для обеспечения стабильности усилителя. Без конденсаторов C3 и C4 можно подобрать дроссели L5 и L6 с резонансом на СВЧ, этим подавить сигналы сотовой связи, при этом надо установить параллельно им резисторы сопротивлением 100...510 Ом.

питания до +15 В при длинном кабеле достаточно пропорционально увеличить сопротивление резистора R13. В любом случае напряжение на стабилитроне VD4 не должно превышать напряжения его пробоя.

Печатная плата показана на **рис. 36**. Сначала монтируют выходной узел, начиная с элементов R16, R17 и C9. Выходные цепи здесь как у АА-3-1, однако трансформаторы T1 и T2 намотаны на более высокочастотных кольцевых магнитопроводах диаметром 10 мм из феррита М600НН. Индуктивности обмоток трансформатора T1 — по 38 мкГн, у трансформатора T2 — по 28 мкГн.

лектором) указывает на хорошее совпадение в целом.

Синфазные дроссели не устанавливают, кабель подключают к контактам XT5 и XT6. Только при проявлении проблем с помехами на УКВ и СВЧ эти дроссели надо установить. Их желательно намотать коаксиальным кабелем крайне малого сечения и индуктивностью не более 10 мкГн в сумме, применить феррит М50НН или ещё более высокочастотный, собственный резонанс должен попадать в проблемный по помехам диапазон.

Входные дроссели серии ДМ (ДПМ) индуктивностью 12 мкГн имеют собственный резонанс на частоте около 100 МГц. Вместе с АЭ ёмкостью около 20 пФ это образует слабо выраженный пик в АЧХ на частоте10 МГц, а потом длинный пологий спад АЧХ к нижним частотам, навстречу растущим там шумам и помехам. Это полезно тем, что широкополосный вход многих простых приёмников не будет перегружен НЧ-спектром, и реализуется предельная чувствительность на высокочастотных КВ-диапазонах.

Дроссели L3 и L4 подобраны с собственными резонансными частотами на

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

115 МГц и 4 МГц соответственно, что совместно с резисторами R3 и R4 обеспечивает равномерный и большой импеданс для подпитки эмиттерного узла током.

Дроссели L7 и L8 с собственным резонансом на частоте 7 МГц поддерживают относительно высокий входной импеданс усилителя на низкочастотных КВ-диапазонах. На высокочастотных КВ-диапазонах они работают как конденсаторы, и развязку базового напряжения смещения обеспечивают резисторы R9 и R10.

Из этого следует, что не всегда главным является индуктивность дросселя, важен и такой параметр, как собственная резонансная частота. Она часто приводится в документации и может в разы больше влиять на работу АА, чем номинал дросселя. Проверка простая, надо установить дроссель между выходом и входом измерителя АЧХ и отметить резонансный провал в АЧХ, он соответствует частоте собственного резонанса. Она зависит от многих факторов: от провода, от феррита, от габаритов, расположения выводов, формы магнитопровода, экранировки, способа намотки провода, числа слоёв.

Двухтональный сигнал (3,9/4,1 МГц) размахом 2×450 мВ вызывает IM_2 = = –50 дБ и IM_3 = –40 дБ. Это соответствует качеству бюджетной радиолюбительской техники и популярных SDR-приёмников. При 2×10 мВ вся интермодуляция остаётся ниже –100 дБ. При вечернем приёме с SDR Perseus на высокочастотных КВ-диапазонах не было отмечено интермодуляции от сигналов мощных радиовещательных диапазонов.

При подаче сигнала на АУ от генератора с выходным сопротивлением 50 Ом отмечен диапазон работы 0,1...120 МГц по уровню –6 дБ. Однако входной узел крайне слабо передаст низкие частоты при питании от АЭ и имеет хороший КП на КВ и УКВ. Поэтому, изменяя длину АЭ, можно хорошо адаптировать этот АД для решения конкретной задачи на КВ без перегрузки от НЧ-помех.

На низких и средних КВ-диапазонах на нагрузке 50 Ом $K_п$ = 1,7 и увеличивается до $K_п$ = 3 к частоте 60 МГц, потом имеет место длинный пологий спад АЧХ до 150 МГц, он зависит от качества трансформаторов T1 и T2. Это и есть сильная сторона этого АД, к нему можно подключить довольно длинный кабель снижения.

По расчётам и реальным наблюдениям этот АУ имеет на высокочастотном краю КВ-диапазона коэффициент шума около 6 дБ. Это обеспечит качественный полноценный приём до частоты 30 МГц, и при тропосферном прохождении сигналы в диапазоне 40...60 МГц не будут пропущены. Конечно, надо подобрать хорошую позицию на крыше. Виноваты в шумах резисторы в цепи ООС для расширения динамического диапазона. Можно заметно снизить шум при R8 = 0 и подборкой конденсатора C5 поискать компромисс по уменьшению усиления на низкочастотных КВ-диапазонах. Можно вместо цепи R8C5 поставить последовательный LC-контур с большим соотношением L/C для отдельного высокочастотного КВ-диапазона. Минимизация $K_ш$ приведёт к тому, что при резонансе получится минимальный динамический диапазон, при сигналах размахом 10 мВ уже проявится IM_3. Однако на диапазонах с тропосферным прохождением сигнал 10 мВ — это большая редкость.

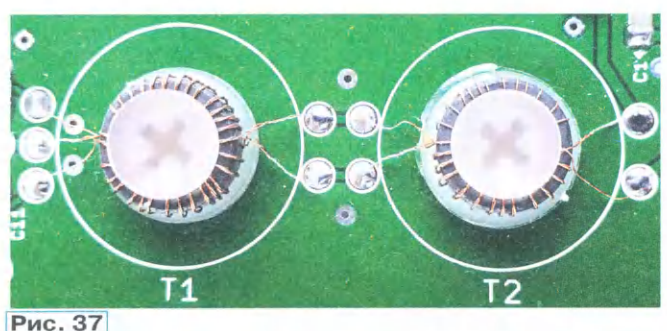


Рис. 37

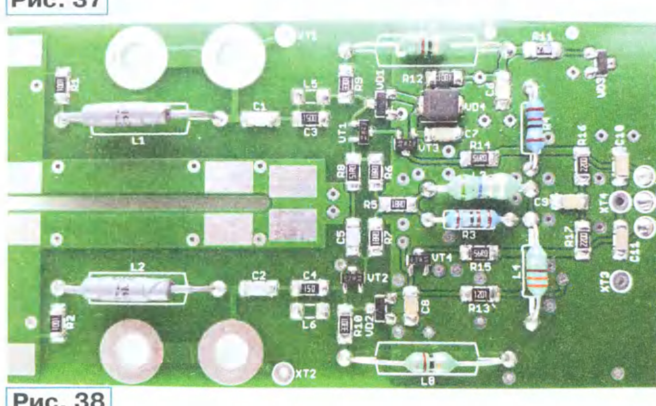


Рис. 38

Напряжение питания 10 В на коаксиальной линии снижения можно увеличить до 14,3 В, и при этом стабилитрон VD4 ещё не откроется, но это нужно проверить. Потребляемый ток увеличится до 15 мА, а падение напряжения на резисторах R6 и R7 возрастёт на 50 %. В таком режиме имеется максимум линейности при терпимой тепловой нагрузке, шум и усиление мало меняются, IM_3 снизится на 10 дБ, а IM_2 — на 6 дБ. Этим все резервы этого АД исчерпаны, следующую категорию такой АА надо строить на транзисторах BFG591, КТ610, КТ911, КТ939 с токами 30...100 мА.

Заключение

Как показали сравнительные опыты на АА-3-1 и АА-3-2, при построении АД важно, чтобы усилительная секция вместе с дросселями в цепи питания имели минимальную длину во избежание паразитного приёма. Он заметен при выключенном питании и ухудшает глубину двух провалов в ДН диполя, которые полезны для подавления помех. Этот момент подлежит дальнейшему обдумыванию и исследованию, не исключена целесообразность использования металлического корпуса или частичной экранировки. В этом плане конструкция кросс-диполя оказалась очень удачной, и глубокие провалы в ДН её диполей позволят оперативно почти полностью "обнулить" помехи.

Приведённые в этом цикле различные конструкции АА являются только частью возможных решений. За последние годы радиолюбители и участники форума на сайте **radioscanner.ru** опробовали многие другие интересные решения. Применение интегральных схем в АА хоть и проблематично, однако нашлись приемлемые для практики решения на ВЧ ОУ для карманных радиоприёмников, а на КМОП-инверторах 74HCU04 даже активный диполь "запел". В предложенном материале не рассматривались схемы с трансформаторной ООС ввиду их сложности. Однако это с ними решаются вопросы получения крайне широкого динамического диапазона в отдельно выбранных участках из широкого спектра 0,01...200 МГц.

Весь предложенный и обсуждённый материал помогает оценить многочисленные публикации про активные антенны Е-поля и делать верные выводы для собственного антенного хозяйства. За несколько лет практики этот вид антенн показал свою состоятельность, многие городские радиолюбители с радостью смогли обновить свою активность. Также в очередной раз подтвердилось, что по пути к верному выбору своей антенны придётся познавать мир через сравнения. Не всегда нужна самая крутая антенна, часто изменение поляризации или позиции на крыше может "сделать погоду". Бывает, что подоброму установка у соседей синфазного дросселя на сетевой шнур цифровой ТВ-приставки устраняет помехи радиоприёму. Нет глубокого смысла у вопроса, что лучше: "монополь" или диполь, активная или пассивная антенна, да ещё длинный провод заманит, а рамочные антенны мы не обсуждали. Чтобы глаза не разбегались от изобилия всяких решений, нужно поставить себе задачу и под неё выбрать антенну, особенно если она будет единственная. При этом технические моменты и свободный доступ на крышу или на ровную землю около дома или банальная эстетика могут доминировать при принятии окончательного решения.

Ещё раз спасибо всем участникам в продвижении активных антенн и за поддержку проекта, всем хорошего приёма!

***От редакции**. Чертежи печатных плат и дополнительные материалы находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/12/AA-8-2.zip** на нашем FTP-сервере.*

Лабораторный блок питания "Магазин напряжений"

А. НОСОВЕЦ, г. Новосибирск

Занятие радиоэлектроникой, в том числе и в радиокружках, — это, прежде всего, многочисленные эксперименты и исследования в области функционирования радиодеталей и различных конструкций на них. При этом ощущается постоянный дефицит в различных источниках напряжений.

Анализируя материалы статей [1—4], для решения ряда задач в своей лаборатории был сконструирован блок питания, который был назван "Магазин напряжений", по аналогии с прибором "Магазин сопротивлений". Это устройство (**рис. 1**) предназначено для отработки и лабораторных испытаний новых радиолюбительских конструкций, а также для подключения различных инструментов и устройств. С этого блока питания одновременно можно получать несколько напряжений переменного и постоянного токов, гальванически не связанных между собой.

Для удобства пользованием устройством каждый вывод внутренних элементов продублирован двумя зажимами (клеммами). Контроль за выходным напряжением осуществляется с помощью внешнего мультиметра. При необходимости в небольших пределах можно плавно регулировать выходные напряжения устройства, если включить его в сеть 230 В через ЛАТр.

Основные технические характеристики

Входное напряжение, В 230
Потребляемый ток без нагрузки, мА 300
Выходное напряжение (устанавливает пользователь с помощью перемычек)
переменного тока, В . . . . . .1...62 (1×2...31×2)
постоянного тока, В . . . . .1,4...87 (1,4×2...43×2)
Максимальный выходной ток при выходном напряжении не более 16 В, А 10
Габаритные размеры, мм . . . .318×296××222
Масса, кг 8,4

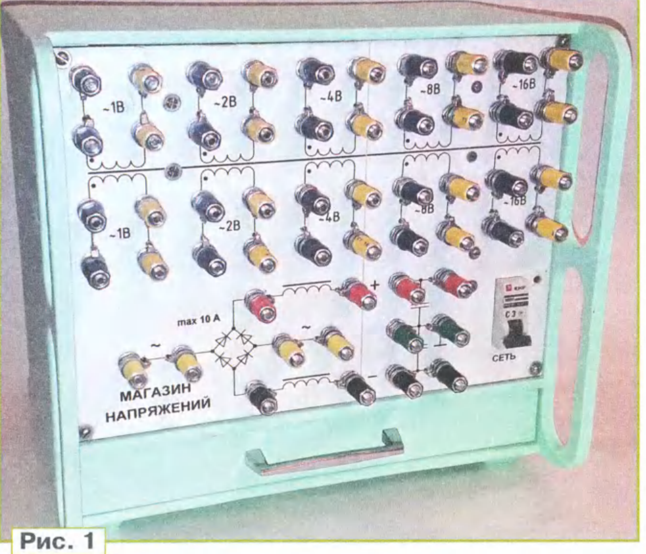


Рис. 1

Расположение основных элементов устройства на передней панели показано на **рис. 2**, а на задней панели — на **рис. 3**.

Номерами на этих и следующих рисунках показаны элементы:

1 — боковая стенка, фанера толщиной 9 мм — 2 шт.;
2 — винты для крепления передней панели М4×20 — 4 шт.;
3 — клеммы (зажимы) ХТ1—ХТ54 — 54 шт.;
4 — фальшпанель, фанера толщиной 7 мм;
5 — винты крепления диодного моста М4×40 — 2 шт.;
6 — верхняя крышка размерами 300×50 мм, фанера толщиной 7 мм;
7 — винты М3 для крепления платы конденсаторов — 2 шт.;
8 — винты М4 для крепления шасси — 2 шт.;
9 — индикаторный светодиод;
10 — автоматический выключатель;
11 — полка размерами 300×148 мм, фанера толщиной 7 мм;
12 — ящик для перемычек (касса);
13 — ножки — 2 шт.;
14 — нижняя крышка размерами 300×150 мм, фанера толщиной 7 мм;
15 — задняя стенка размерами 300×265 мм, фанера толщиной 7 мм;
16 — винты М5×20 для крепления трансформатора к задней стенке — 3 шт.;

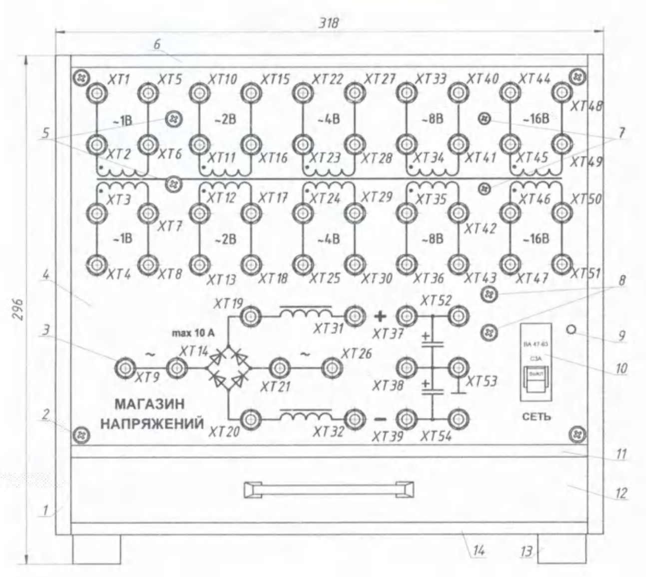


Рис. 2

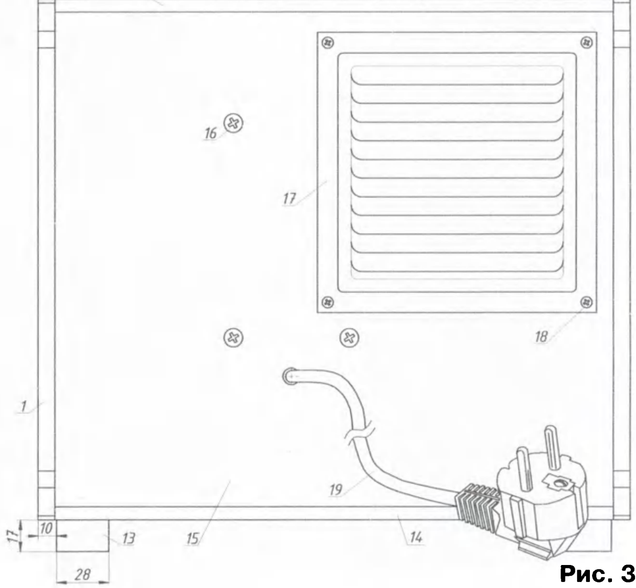


Рис. 3

17 — решётка вентиляционная металлическая размерами 150×150 мм;

18 — винты М3 для крепления вентиляционной решетки — 4 шт.;

19 — сетевой шнур с электрической вилкой;

20 — опора для полки 11, деревянный брусок размерами 300×38×5 мм;

21 — опора для полки 11, деревянный брусок размерами 134×38×5 мм — 2 шт.;

22 — шасси размерами 236×139 мм, фанера толщиной 7 мм;

23 — опорные направляющие для шасси 22, деревянный брусок толщиной 17 мм — 2 шт.;

24 — упор для крепления фальшпанели 4, фанера толщиной 15 мм — 2 шт.;

25 — упор для крепления фальшпанели 4, фанера толщиной 15 мм — 2 шт.;

26 — уголок алюминиевый толщиной 5 мм;

27 — уголок алюминиевый толщиной 2 мм;

28 — лента металлическая монтажная перфорированная размерами 20×0,7 мм;

29 — винты М3 для крепления автоматического выключателя 10 — 2 шт.;

30 — скоба для крепления сетевого кабеля;

31 — зажим контактный винтовой ЗВИ-10 н/г 2,5-6 мм^2;

32 — хомут-стяжка — 4 шт.;

33 — винт М4×20, шайба М4 для крепления трансформатора к шасси — 4 комплекта;

34 — винт М4×20, шайба М4 (2 шт.), гайка М4 для крепления уголка 27 — 2 комплекта;

35 — уголок для крепления платы конденсаторов алюминиевый, толщина стенки — 1 мм;

36 — теплоотвод, алюминий толщиной 2 мм;

37 — пластина, стеклотекстолит толщиной 2 мм;

38 — теплоотвод, алюминий толщиной 2 мм;

39 — теплоотвод, алюминий толщиной 2 мм;

40 — пластина, стеклотекстолит толщиной 2 мм;

41 — шайба, стеклотекстолит толщиной 1 мм;

42 — трубка ПВХ диаметром 4 мм.

Схема блока питания показана на **рис. 4**. Он состоит из четырёх внутренних модулей: трансформатора T1, диодного моста VD1—VD4, двух дросселей L1, L2 и сглаживающих конденсаторов C1—C6 с их разрядными резисторами R1, R2, размещёнными на монтажной печатной плате. Автоматический выключатель QF1 на ток 3 А служит выключателем и предохранителем. Индикатор включения — светодиод HL1.

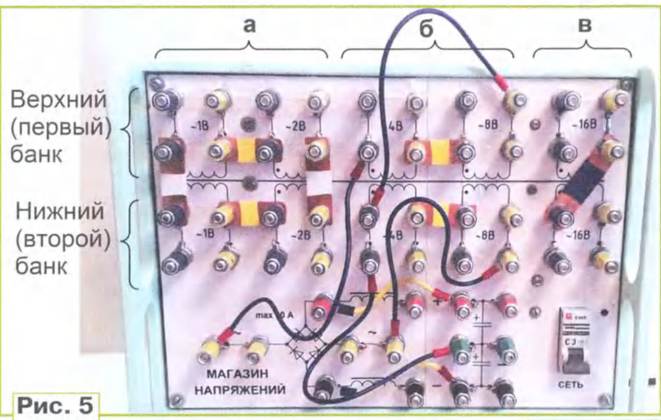


Рис. 5

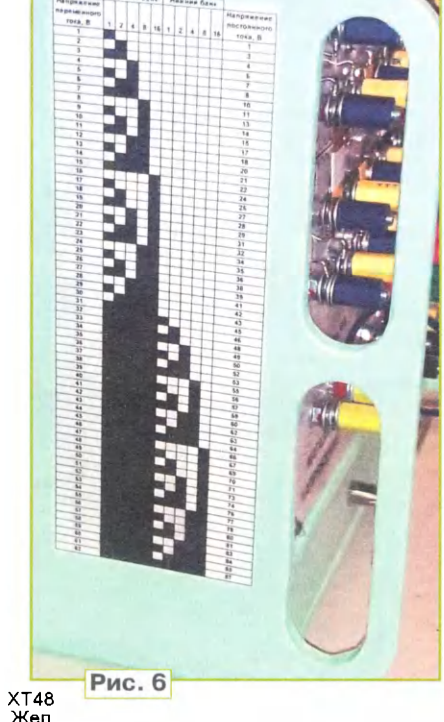
Обмотки трансформатора разделены на банки: верхний (первый) и нижний (второй). Обмотки первого банка намотаны на одной катушке, а обмотки второго банка — на второй катушке трансформатора T1.

Для увеличения выходного тока можно подключать параллельно обмотке верхнего и нижнего банков, соблюдая при этом равенство установленного напряжения между ними, а также начало (на рис. 4 показано точкой) и концы обмоток трансформатора.

На **рис. 5** приведён пример одновременного получения различных напряжений с устройства: а — напряжение 3 В переменного тока, снимаемое с двух банков включённых параллельно; б — напряжение 17×2 В постоянного тока со средней точкой; в — напряжение 16×2 В переменного тока со средней точкой.

На боковой стенке устройства (**рис. 6**) наклеена таблица, которая помогает с выбором подключаемых обмоток для получения нужного выходного напряжения переменного и постоянного токов. Таблица распечатана на самоклеящейся бумаге и для защиты от внешних воздействий закрыта сверху прозрачной клейкой лентой (скотчем). Скачать эту таблицу можно с сайта журнала "Радио".

Перед началом сборки устройства необходимо подготовить модули устройства: трансформатор, катушки индуктивности (дроссели), плату конденсаторов с


Рис. 6

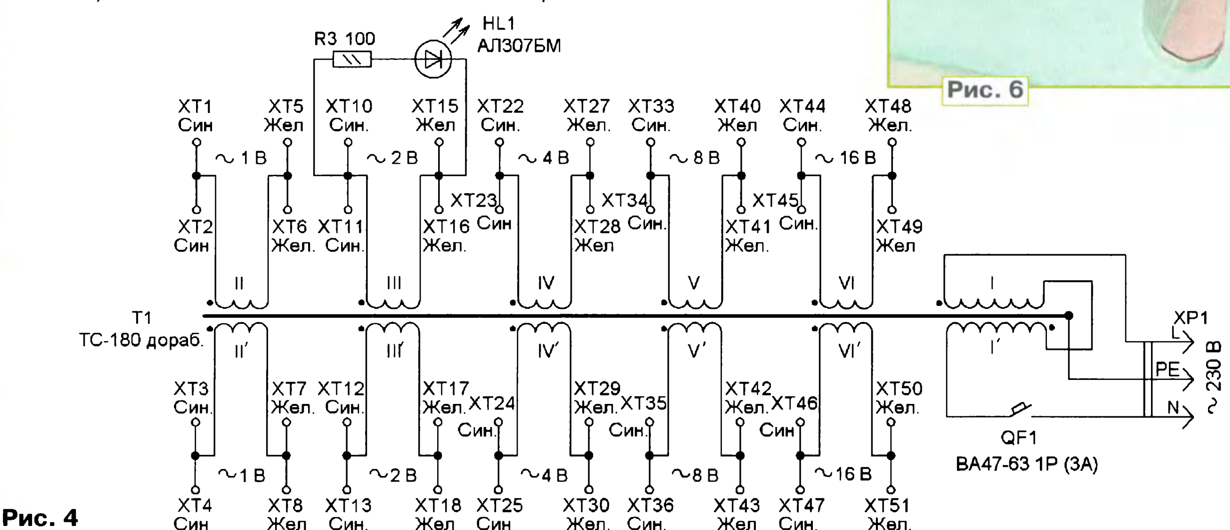


Рис. 4

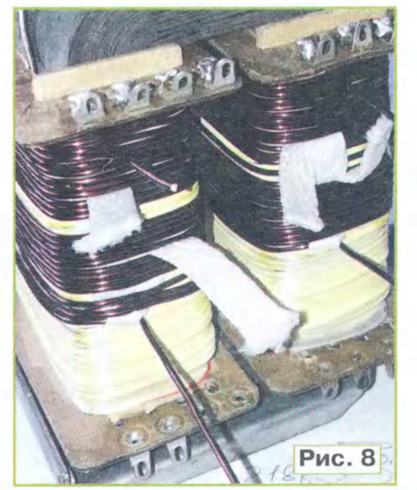


Рис. 8



Рис. 9

Номер обмотки	Число витков	Напряжение, В
II(II')	3	1
III(III')	7	2
IV(IV')	13	4
V(V')	26	8
VI(VI')	53	16

резисторами и диодный мост. В устройстве использован доработанный трансформатор ТС-180. При его разборке необходимо отметить маркером, где находится каждая катушка и как стыкуются подковы магнитопровода. С трансформаторных катушек сматывают все обмотки, кроме первичной сетевой. После этого на них эмалированным проводом диаметром 1,5 мм одинаково наматывают вторичные обмотки согласно **таблице**. Причём на одной катушке расположены обмотки первого банка напряжений, а на второй катушке — обмотки второго банка напряжений. На передней панели, как и на принципиальной схеме, банки расположены сверху вниз: вверху — первый банк, внизу — второй банк (см. рис. 5).

Провод для вторичных обмоток был взят от б/у трансформаторов тока ТОП-0,66 200/5А. При сматывании провода с тороидального магнитопровода трансформатора получается 6 м эмалированного провода диаметром 1,5 мм. В узлах учёта электроэнергии эти трансформаторы периодически (раз в четыре года) меняют новыми. Так что их можно спросить у знакомых электриков.

Концы обмоток на катушках трансформатора крепят с помощью киперной ленты или отрезками шнурков от ботинок, как показано в [5] и на **рис. 7** (размещён на сайте журнала "Радио"). Длина лент для крепежа — примерно 4 см (**рис. 8**). На концы проводов обмоток надевают отрезки ПВХ-трубок, на которые наносят маркировку: начало обмотки и её номер. В качестве изоляции между обмотками можно использовать ленту ФУМ (фторопластовый уплотнительный материал), которая используется в сантехнических работах. После намотки всех обмоток катушки обматывают изолентой (**рис. 9** и **рис. 10**). При сборке трансформатора торцы подков магнитопровода необходимо обработать наждачной бумагой, очистив от остатков клея. Отделившиеся пластины надо смазать клеем БФ, прижать и дождаться его высыхания. Смазав торцы подков магнитопровода клеем БФ, собирают трансформатор. Клей БФ-6 автор приобрёл в аптеке.

Выводы обмоток трансформатора впоследствии выводят на переднюю панель устройства посредством голого медного провода диаметром 1,5 мм, помещённого в ПВХ-трубку от изоляции провода КСПВ 6×0,5 мм. Дроссели L1 и L2 взяты готовые от б/у трансформаторов тока ТОП-0,66 200/5, у которых корпус и первичная обмотка удалены. Оставлена только вторичная обмотка, которая намотана эмалированным проводом диаметром 1,5 мм и имеет 80 витков. Дроссели располагают друг над другом. Между ними проложены резиновые и картонные прокладки, а чтобы катушки не смещались, внутрь них вставлена подходящая по размеру разрезанная вдоль трубка из пластика или картона (**рис. 11**).

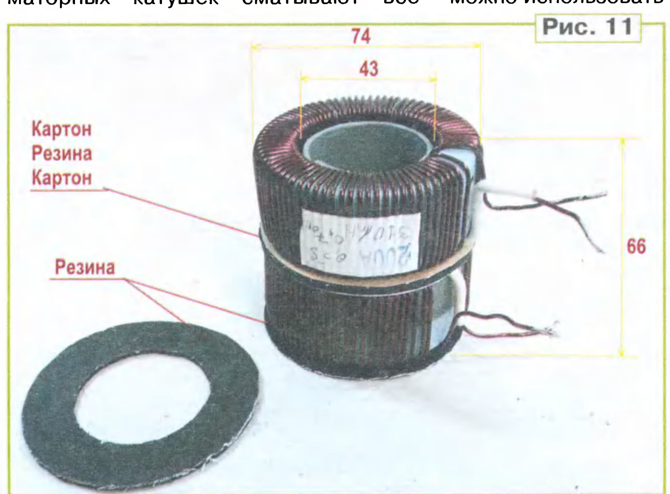


Рис. 11

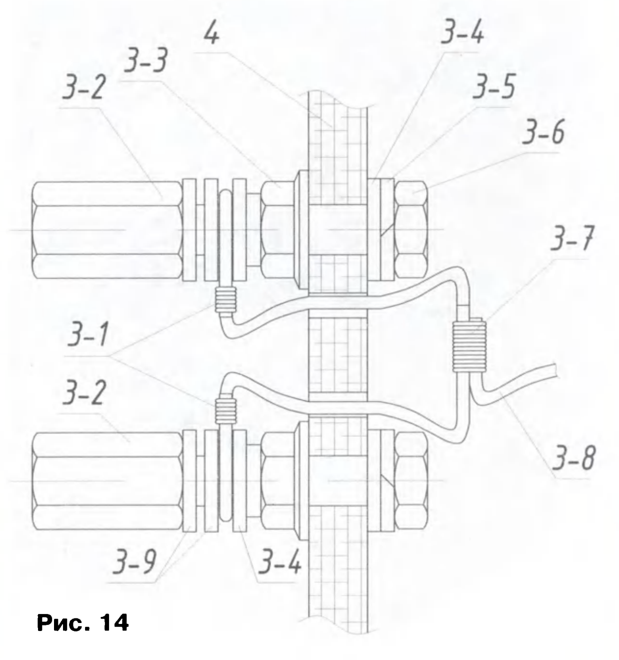


Рис. 14

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

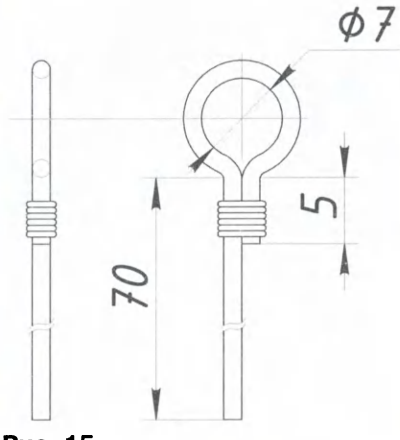


Рис. 15



Рис. 16



Рис. 17

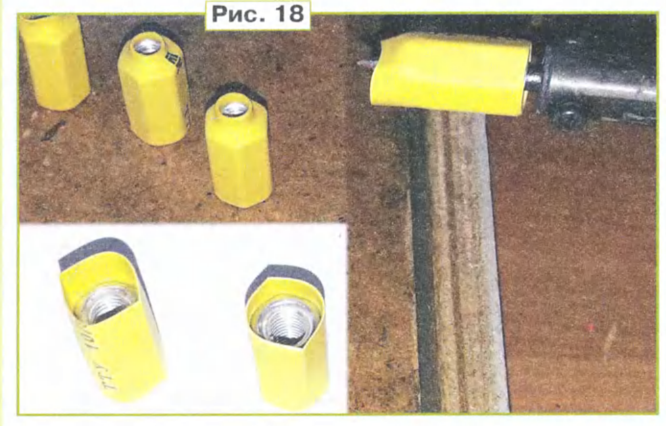


Рис. 18

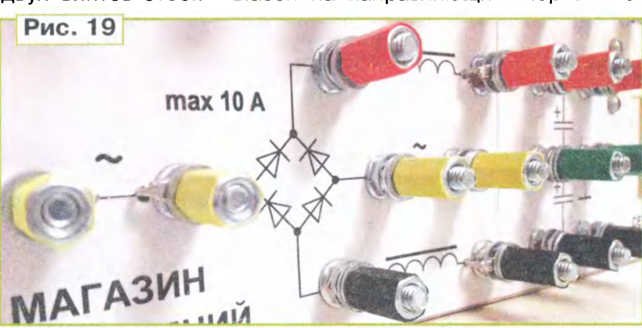


Рис. 19

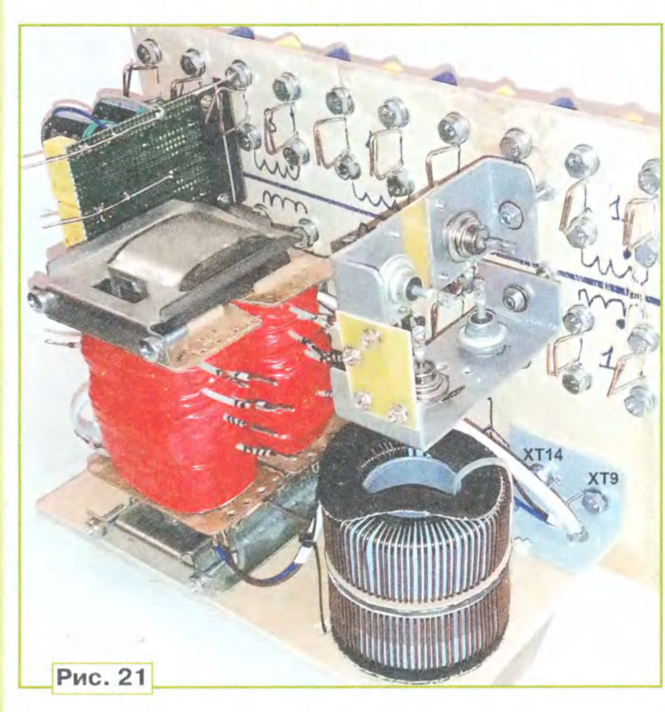


Рис. 21



Рис. 22

Макетная печатная плата размерами 60×80 мм с конденсаторами C1—C6 и резисторами R1, R2 крепится к передней панели 4 с помощью алюминиевого уголка 35 и винтов 7. Диодный мост — из четырёх диодов Д243 или КД203А, размещённых на пластинчатых алюминиевых теплоотводах 36, 38, 39 толщиной 2 мм (**рис. 12**, размещён на сайте журнала "Радио"). Между собой теплоотводы соединены с помощью изолирующих стеклотекстолитовых пластин 37 и 40.

Собранный диодный мост крепят к лицевой панели 4 с помощью двух винтов-стоек M4×5. Они должны быть изолированы от теплоотводов, в противном случае головки винтов стоек на передней панели могут быть случайно закорочены перемычками на какой-либо вывод трансформатора. Для этого в месте крепления винтов к теплоотводам в качестве изоляторов использованы отрезки 42 из трубки ПВХ и две текстолитовые шайбы 41, надетые на винты 5.

Сборку внутренних элементов устройства начинают с передней панели и шасси на направляющих. Чертёж передней панели показан на **рис. 13**,а (размещён на сайте журнала "Радио"). Рисунок фальшпанели показан на рис. 13,б (размещён на сайте журнала "Радио"). Его распечатывают на самоклеющуюся бумагу, которую наклеивают на заранее выпиленную и зачищенную фанеру размерами 300×220 мм. Сверху бумага обклеивается скотчем для предохранения надписей и рисунков.

Шилом намечают будущие отверстия. Сверлить отверстия (диаметром 3,

5 и 6 мм) нужно сверлом по дереву, причём сначала в обратную сторону, для того чтобы кромкой сверла сделать надрез в скотче и на бумаге, а после продолжать сверлить как обычно.


Рис. 23


Рис. 24


Рис. 27

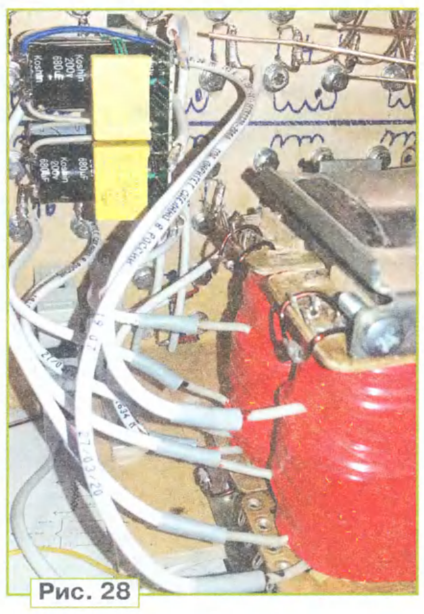
Отверстие в панели 4 для автоматического выключателя 10 выпиливают ручным лобзиком.

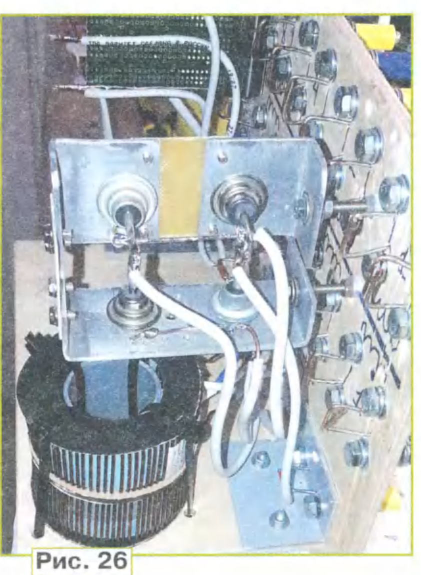
Далее необходимо подготовить и установить на панель четыре клеммы (зажимы) 3. В целях удешевления конструкции в ней применены самодельные клеммы. За их основу взяты стальные болты М6х40. Так как сталь, по сравнению с медью, плохой проводник, выводы 3-8 (**рис. 14**) от трансформатора и других элементов устройства вынесены на лицевую панель медным проводом через отверстие рядом с установленными на панель болтами 3-6.

Для этого изготавливаются отводы-перемычки 3-1 (**рис. 15**) следующим образом. У заготовки из медной неизолированной проволоки диаметром 1,5 мм и длиной 100 мм на хвостовике сверла диаметром 7 мм изготавливается кольцо, на концы которого накладывается бандаж из медной проволоки диаметром 0,4...0,5 мм, который затем пропаивают. Само кольцо облуживают и слегка расплющивают на наковальне для надёжного контакта (**рис. 16**). Таких отводов нужно сделать 54 шт. по числу клемм.


Рис. 25

После этого производят сборку клеммы. Сначала на болт 3-6 (см. рис. 14) надевают пружинную шайбу 3-5 (М6), затем шайбу М6 3-4 и болт вставляют с задней стороны фальшпанели 4 (см. рис. 2). После этого его притягивают к панели 4 гроверной гайкой 3-3 (см. рис. 14) с фланцем М6. При затягивании болта 3-6 необходимо придерживать гайку 3-3 гаечным ключом, чтобы она не провернулась и не утянула за собой скотч, с наклеенной бумагой с рисунком, смяв их или порвав. Далее надевают на болт одну шайбу М6 3-4 и, просунув конец отвода-перемычки 3-1 в отверстие диаметром 3 мм рядом с болтом 3-6, надевают кольцо отвода 3-1 на этот же болт. После этого на болт надевают ещё две шайбы М6 3-9 и слегка затягивают всё гайкой соединительной М6×18 3-2. Так устанавливают на фальшпанель все клеммы ХТ1—ХТ54. За ней отводы-перемычки 3-1 формуют для последующей пайки (**рис. 17**), а лишние провода откусывают кусачками. Для цветной маркировки клемм на гайки 3-2 надевают соответствующего цвета термоусаживаемые трубки. Для надёжного крепления на гайке её (гайку) с надетой трубкой насаживают на жало включённого паяльника (**рис. 18**). После усаживания трубки и


Рис. 28


Рис. 26

её остывания лишнюю трубку с гайки срезают скальпелем (**рис. 19**). Перед установкой всех элементов устройства на обратной стороне фальшпанели 4 маркером на фанеру наносится схема подключения всех устройств. Это поможет безошибочно и быстро выполнить распайку всех устройств.

К собранной панели сзади крепится шасси 22 из фанеры размерами 236×139×7 мм с деревянными опорными направляющими 23, которые приклеены клеем ПВА к шасси снизу (**рис. 20**,а, рис. 20,б, рис. 20,в, размещены на сайте журнала "Радио"). Крепится шасси к панели с помощью двух алюминиевых уголков 26 и 27. Крепят уголки с помощью винтов, причём уголок 27 крепится к панели 4 с помощью болтов клемм ХТ9 и ХТ14 (рис. 20,в). К шасси с помощью винтов 33 крепится трансформатор Т1, а дроссели L1 и L2 крепят с помощью пластиковых хомутов-стяжек 32. После устанавливают на свои места плату с конденсаторами и диодный мост (рис. 20,б). В прямоугольное отверстие в панели вставляется автоматический выключатель 10. Он фиксируется металлической монтажной лентой 28 (рис. 20,б), причём один конец ленты зажимается между уголком 26 и панелью 4, а другой конец крепится двумя винтами 29. Рядом с выключателем 10 в отверстие вставлен светодиод 9. Как это всё выглядит, проиллюстрировано на **рис. 21** и **рис. 22**.

Перед распайкой элементов устройства с клеммами на панели необходимо заготовить отрезки голого медного провода (54 шт.) длиной примерно 30 см и диаметром 1,5 мм, которые вначале крепят посредством бандажа из тонкого голого медного провода (диаметром 0,5 мм) к выводам клемм, а затем пропаивают паяльником. Последовательность пайки иллюстрируют **рис. 23—рис. 25**.

Далее их прокладывают к предполагаемому месту пайки, лишний провод откусывают и надевают белую ПВХ-трубку (от провода КСПВ 6×0,5 мм) и серую трубку (от провода UTP Cat.5). Этот провод припаивают к выводам элементов

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

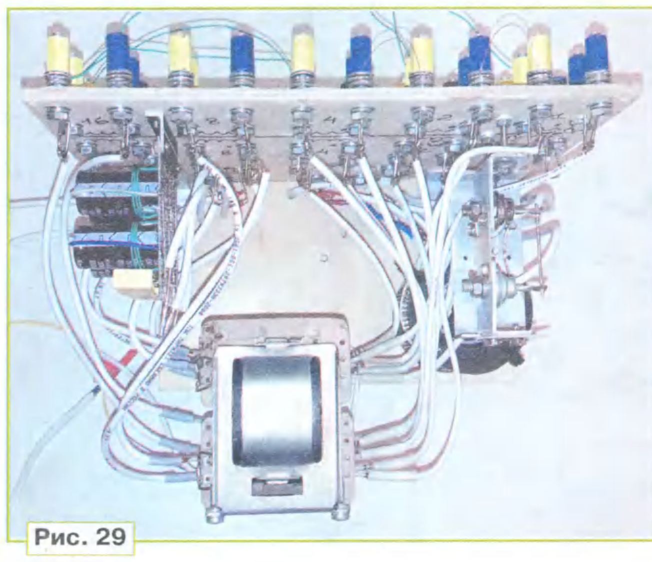

Рис. 29


Рис. 37

устройства также с бандажом из голого медного провода диаметром 0,5 мм и место пайки изолируют серой ПВХ-трубкой. Сначала распаивают плату с конденсаторами, затем дроссели и диодный мост (**рис. 26**). В последнюю очередь распаивают трансформатор Т1, предварительно закрепив его винтами к краю шасси для удобства пайки (**рис. 27**—**рис. 29**).

После пайки, открутив винты, трансформатор вдвигают внутрь, при этом аккуратно размещая провода, идущие от него. Их стараются уложить так, чтобы они не касались друг друга и теплоотводов диодного моста. Это нужно, чтобы они не закоротили между собой в работе при возможном нагреве (**рис. 30**, размещён на сайте журнала "Радио").

Подключение сетевого кабеля, трансформатора Т1 и автоматического выключателя происходит посредством зажима ЗВИ-10 н/г 2,5-6 мм^2 (зажим контактный винтовой) 31 (см. рис. 20,в), закреплённого винтами снизу шасси. Сам кабель крепится к шасси скобой 30, изготовленной из металлической монтажной ленты (**рис. 31**). Корпус устройства изготавливается из берёзовой фанеры. По чертежам выпиливают две боковые стенки 1, заднюю стенку 15, верхнюю 6 и нижнюю 14 крышки, полку 11, опоры 20 и 21 для полки и две ножки 13 (**рис. 32**—**рис. 35**, размещены на сайте журнала "Радио"). Все детали собирают и склеивают клеем ПВА, как показано на рис. 34. Также клеем ПВА приклеивают упоры 24 и 25. После склеивания в местах стыковок фанеры корпуса и упоров 24 и 25 сверлят сверлом диаметром 2,5 мм через равный промежуток углубления (примерно на 1,5...2 см). В эти отверстия вставляются шканты из деревянных зубочисток с предварительно нанесённым на них клеем ПВА. Это необходимо для обеспечения большей прочности корпуса. После высыхания клея остатки зубочисток стачивают мелким напильником. Весь корпус шпаклюют, шлифуют и окрашивают краской.

Снизу устройства располагается касса — выдвижной ящик, где хранятся жёсткие медные перемычки и перемычки из гибких проводов. Все детали ящика изготовлены из фанеры толщиной 7 мм. Основные размеры ящика приведены на **рис. 36** (размещён на сайте журнала "Радио"). Передняя панель ящика окрашивается той же краской, что и весь корпус устройства. Для фиксации ящика в закрытом состоянии можно использовать магнитную защёлку для мебели.

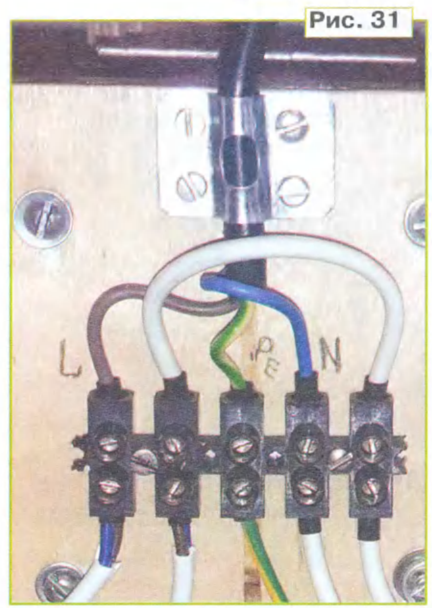


Рис. 31

Сборку устройства производят следующим образом. Конец сетевого провода просовывают в отверстие задней стенки и подключают к зажимам 31 (**рис. 37**) согласно схеме. После этого вставляют внутрь корпуса собранное шасси с передней панелью и крепят их винтами 2 и 16 (см. рис. 35). Сзади корпуса винтами М3 крепится вентиляционная решётка 17 (**рис. 38**).

Для удобной работы с устройством необходимо изготовить ряд перемычек. Конструкция плоских перемычек показана на **рис. 39** (размещён на сайте журнала "Радио"). Они были изготовлены из медных пластин толщиной 0,5 мм от теплоотвода процессора материнской платы компьютера. Перемычки трёх типов с расстояниями 30 мм (10 шт.), 40 мм (2 шт.) и 50 мм (2 шт.) между осями установленных на фальшпанель клемм. Для быстрого поиска в кассе они условно маркированы термоусаживаемыми трубками разных цветов: жёлтым, белым и синим соответственно.


Рис. 38

Жёлтые перемычки используются для соединения клемм обмоток трансформатора, которые расположены на панели рядом друг с другом. Белые перемычки предназначены для соединения обмоток верхнего и нижнего банков параллельно. Синие перемычки предназначены для получения средней точки двух обмоток из двух банков. Как вари-

ант, перемычки можно изготовить из одножильного медного провода толщиной 1,5 мм (**рис. 40**, размещён на сайте журнала "Радио"). Также при работе с устройством понадобятся перемычки из монтажного провода трёх длин: 110 мм (2 шт.), 240 мм (4 шт.) и 480 мм (4 шт.) (**рис. 41**, размещён на сайте журнала "Радио"). Они изготовлены из



Рис. 42

монтажного провода ПВ-3 с площадью сечения не менее 1,8 мм^2. Зачищенные концы проводов с помощью стриппера опрессованы кольцевыми наконечниками НКИ 1,25-6 кольцо 0,5-1,5 мм с помощью обжимных клещей. При отсутствии стриппера и клещей с наконечника снимают защитную пластиковую гильзу и, вставив зачищенный ножом конец провода в наконечник, аккуратно обжимают его пассатижами. После обжатия пластиковую гильзу устанавливают на место.

У кольцевых наконечников нужно удалить сегмент (**рис. 42**) для того, чтобы не откручивать совсем гайку 3-2 (см. рис. 14) у клеммы 3, а чуть ослабив её и просунув наконечник в образовавшуюся щель между шайбами 3-9, зажать.

Перемычки хранятся в нижнем ящике устройства, показанном на **рис. 43**.

Техника безопасности. Хотя в сумме напряжение на выходе устройства относительно невысокое, необходимо соблюдать правила безопасности.



Рис. 43

При установке перемычек устройство должно быть выключено, а при работе устройства не следует прикасаться к открытым токоведущим частям. Устройство не имеет защиты от коротких замыканий и от неправильного включения обмоток перемычками. Поэтому при выборе схемы включения элементов прибора (обмоток трансформатора, диодного моста, его входов и выходов), дросселей и сглаживающих конденсаторов (их полярность) нужно проявлять внимательность и осторожность, так как неправильное подключение может привести к порче устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Садовский Б.** Лабораторный трансформатор. — Радио, 1972, № 4, с. 22.
2. **Бочко А.** Усовершенствование лабораторного трансформатора. — Радио, 1973, № 2, с. 31.
3. **Терсков А.** С шагом в один вольт. — Радио, 1993, № 9, с. 24, 25.
4. **Бортновский Г. А.** Рабочее место радиолюбителя. Универсальный блок питания. Массовая радиобиблиотека, вып. 560. — М.—Л.:, Энергия, 1964, с. 16—26.
5. **Брагин В. П.** и др. Техническое творчество. Пособие для руководителей технических кружков. — М.: Молодая гвардия, 1956, с. 173, рис. 9.

***От редакции**. Упомянутые в тексте рисунки и таблица для выбора обмоток находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/12/magazin.zip** на нашем FTP-сервере.*

Балансир Li-Ion аккумуляторов

В. КИБА, г. Волжский Волгоградской обл.

При сборке Li-Ion аккумуляторов в батарею возникает проблема, что плата BMS (Battery Management System) контроля состояния и защиты аккумуляторов в батарее часто неадекватно реагирует на аккумуляторы с разной степенью заряженности и разряженности. Было замечено, что эта плата при зарядке производит контроль по ячейкам с максимальным напряжением и отключает зарядку по достижении напряжения на аккумуляторе 4,25 В, а в батарее могут остаться недозаряженные аккумуляторы с напряжением 3,9 В. Аналогичная проблема возникла с разрядкой, плата BMS ориентируется на ячейку с минимальным напряжением. Поэтому перед сборкой батареи желательно иметь аккумуляторы с одинаковыми напряжением и ёмкостью. Простой способ зарядить все аккумуляторы до номинального напряжения — использовать зарядное устройство. Но ещё желательно подобрать аккумуляторы с одинаковым внутренним сопротивлением, а для этого нужно "навороченное" зарядно-разрядное устройство, например серии IMAX или подобное.

Но тут возникают обоснованные сомнения — зачем покупать то, что ты можешь сделать сам, тем более в хозяйстве завалялись все комплектующие для сборки, а некоторые уже покрылись пылью? Да и в готовый прибор уже сложно внести какие-либо изменения, а в свой при желании можно добавить любые возможности. В результате на суд радиолюбительской общественности предлагается описание устройства, которое заряжает аккумуляторы, измеряет их внутреннее сопротивление, ток зарядки и разрядки, а при полном цикле разрядки/зарядки измеряет ёмкость аккумулятора.

Схема этого устройства показана на **рис. 1**. Центральным узлом является модуль Arduino Nano (A2), который производит измерения, вычисления, вывод на индикатор измеренных параметров, а также управляет всеми остальными узлами. Устройство рассчитано на четыре ячейки для зарядки аккумуляторов, а поскольку аппаратная часть там одинаковая, опишем узлы только одной ячейки 1 (для зарядки аккумулятора G1). Через транзистор VT1 с выхода микросхемы DA1 подаётся напряжение для зарядки аккумулятора G1 . Эта микросхема ограничивает ток зарядки аккумулятора на уровне 500 мА, подборкой резистора R19 его можно изменить. Но его максимальное значение зависит от блока питания, какой ток сможет обеспечить он. У меня применён блок питания от Raspbery Pi4, рассчитанный на выходное напряжение 5 В и ток 3 А. У микросхемы TP4056 есть возможность программировать ток зарядки, но для этого надо добавить ещё одну микросхему PCF8574 и несколько резисторов, и тогда можно будет, в зависимости от числа установленных аккумуляторов, регулировать ток зарядки, как в некоторых зарядных устройствах. Но поскольку у меня устройство для балансировки и подбора аккумуляторов, было решено ограничиться одним номиналом зарядного тока.

Транзистор VT3 через резистор R8 производит разрядку аккумулятора током примерно 750 мА. В микросхеме DA2 два ОУ, на первом (DA2.1) собран неинвертирующий усилитель, с помощью которого контролируется ток зарядки, второй (DA2.2) — инвертирующий, с его помощью контролируется ток

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

разрядки. Оба ОУ усиливают напряжение, возникающее на резисторе R2. Поскольку при разрядке аккумуляторов на резисторах R8, R13, R37, R39 выделяется много тепла, в устройстве установлен датчик температуры ВК1 на микросхеме DS18B20, при повышении температуры внутри корпуса выше 40 °С модуль А2 подаёт напряжение на затвор транзистора VT11, включается вентилятор М1 и прогоняет воздух сквозь корпус устройства для охлаждения нагрузочных резисторов. Если проверяется ёмкость одного или двух аккумуляторов, желательно устанавливать их в средние ячейки, поскольку датчик температуры расположен посередине и он быстрее реагирует на нагрев ближайших нагрузочных резисторов. Поскольку АЦП модуля десятиразрядный и не обеспечивает точности измерения напряжения Li-Ion аккумуляторов, был применён модуль А1 ADS1115 с шестнадцатиразрядным АЦП, диод VD1 производит развязку по питанию модуля А1 от всего устройства. Без этого диода напряжение установленного аккумулятора через внутренние элементы модуля А1 поступает на линию питания всего устройства, и оно включается, а это надо исключить.

С помощью микросхемы DD1 (PCF8574P) модуль А2 управляет светодиодами HL1 и HL2, которые индицируют, что в данный момент происходит с аккумуляторами, зарядка или разрядка. Через модуль А3 MCP23017 преобразования последовательного кода шины I^{2}C в параллельный модуль А2 выводит

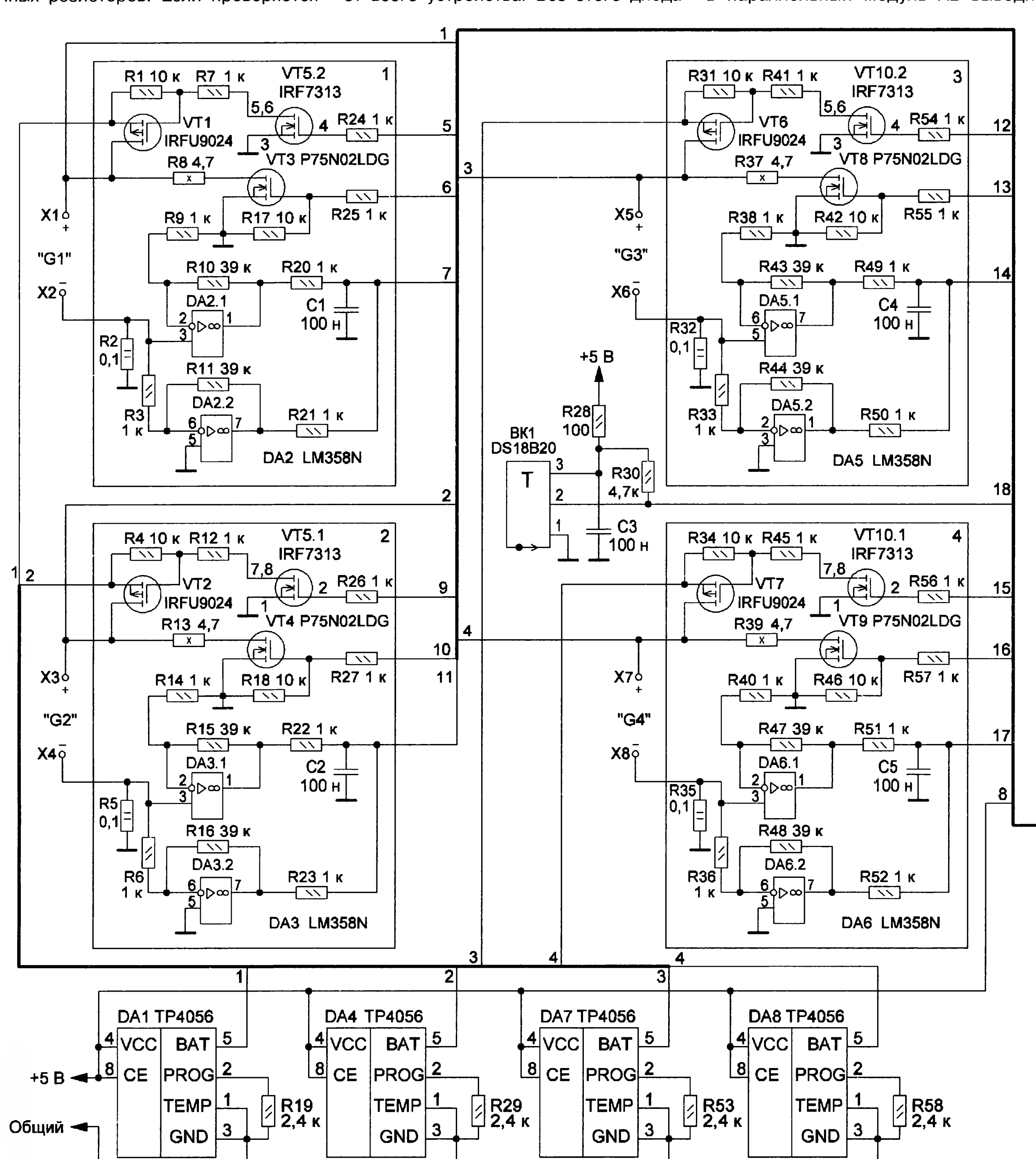


Рис. 1

информацию о каждом аккумуляторе на дисплей HG1 FDCG12864B. Такое техническое решение обусловлено тем, что у меня много лет лежат без движения указанные дисплеи, которым не находилось применения. Модули A1, A3 и микросхема DD1 управляются модулем A2 по шине I^{2}C. Режим работы устройства устанавливается с помощью четырёх кнопок SB1—SB4.

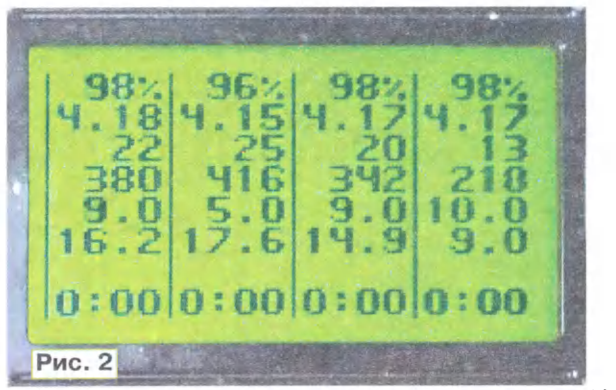


Рис. 2

Работает устройство следующим образом. При включении происходит инициализация подключённых модулей, балансир контролирует наличие установленных аккумуляторов в ячейки и ждёт действий оператора. По таймеру 1 в микроконтроллере модуля A2 каждые 100 мс происходит опрос состояния кнопок, а также устанавливаются все временные интервалы, применённые в устройстве. При подключении аккумулятора в ячейку загорается зелёный светодиод соответствующей ячейки, микроконтроллер измеряет напряжение аккумулятора в подключённой ячейке и выводит параметр на дис-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

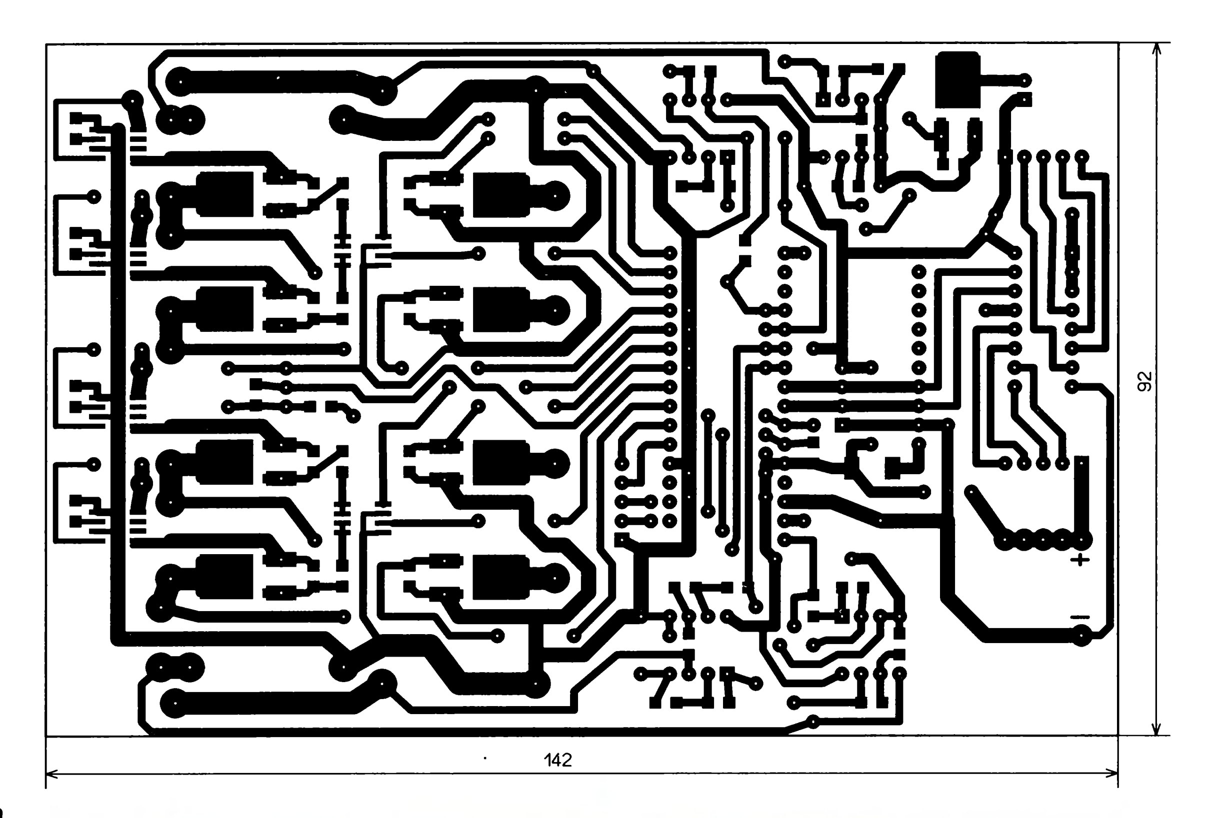


Рис. 3,а

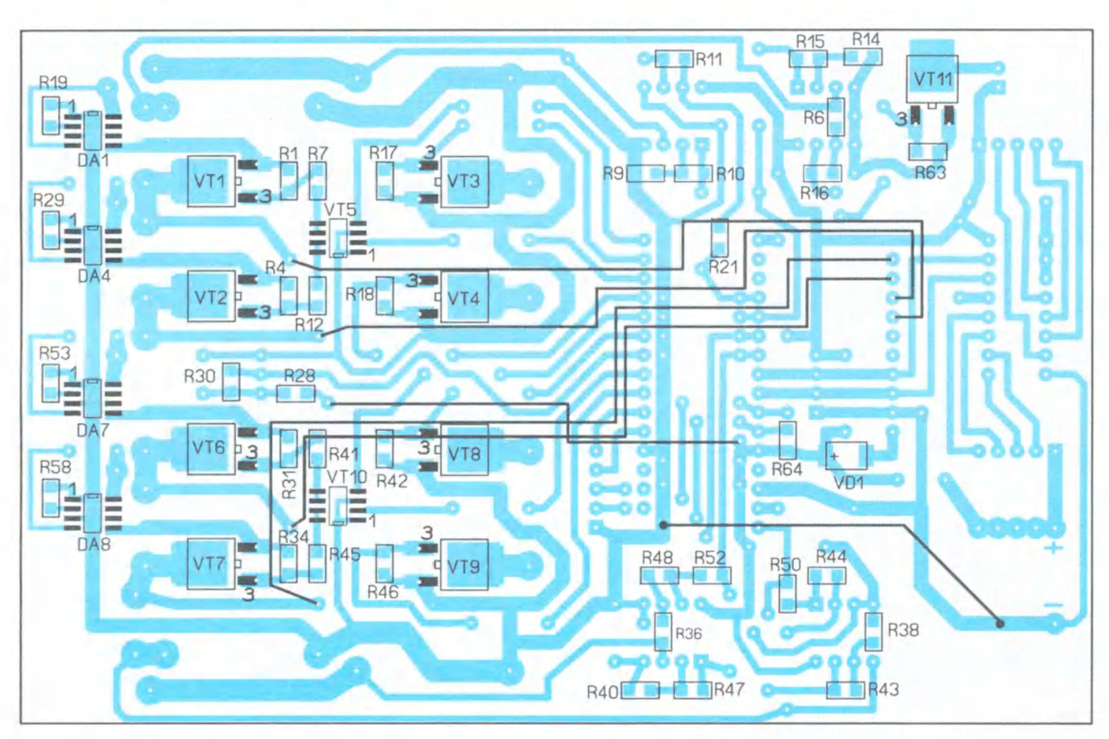


Рис. 3,б

плей, пустые ячейки игнорируются и на дисплей выводятся нули. Обновление информации на дисплее происходит примерно каждые 3 с. На **рис. 2** показана информация, выводимая на дисплей, в отличие от некоторых других аналогичных устройств, здесь выводится информация по всем четырём ячейкам одновременно, начиная с верхней строчки.

1. Зарядка аккумулятора в процентах.

2. Напряжение аккумулятора.

3. Ёмкость аккумулятора (увеличивается в процессе зарядки аккумулятора).

4. Ток зарядки/разрядки аккумулятора.

5. Внутреннее сопротивление аккумулятора.

6. Мощность.

7. Пусто.

8. Время процесса в часах и минутах.

Кнопками можно включить один из четырёх режимов работы устройства. Кнопкой SB1 "B" включают режим балансировки аккумуляторов. Все четыре аккумулятора включаются на разрядку, и при достижении заданного предела ячейка отключается, затем следующая и так, пока не будет отключена послед-

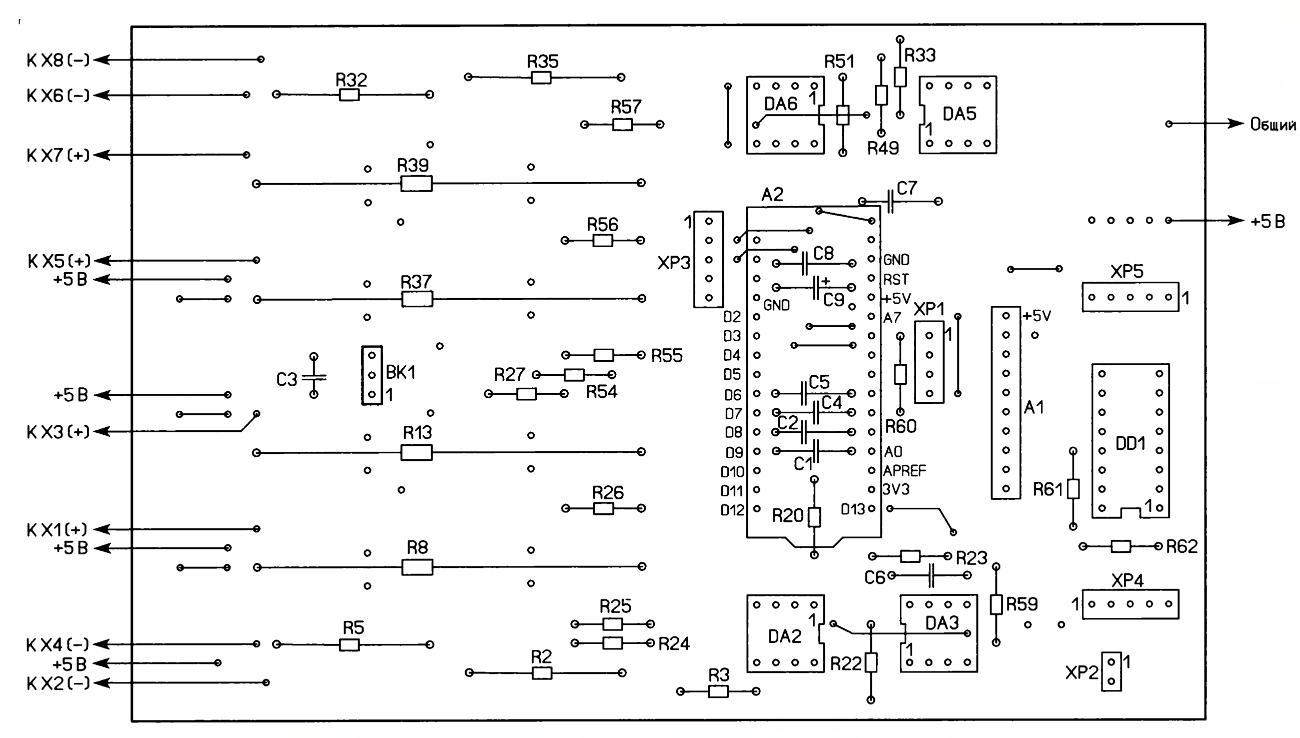


Рис. 3,в

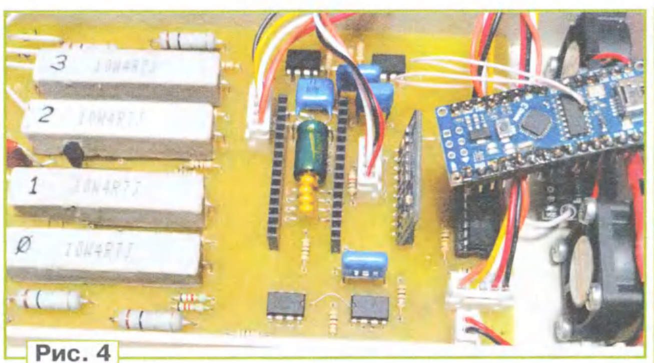


Рис. 4

Рис. 5

няя ячейка. Для установки напряжения отключения надо включить устройство и, не устанавливая аккумуляторы, нажать на кнопку SB1. На дисплей выводится напряжение отключения, которое можно изменять кнопками SB2 (увеличение) и SB4 (уменьшение). Нажатием на кнопку SB1 продолжительностью более 3 с сохраняют параметр в EEPROM, при этом на 0,5 с включаются красные светодиоды.

Кнопкой SB2 "Z" включают режим зарядки аккумуляторов, включается красный светодиод в ячейке с установленным аккумулятором и при достижении напряжения зарядки 4,2 В ячейка отключается от зарядки, гаснет красный и загорается зелёный светодиод.

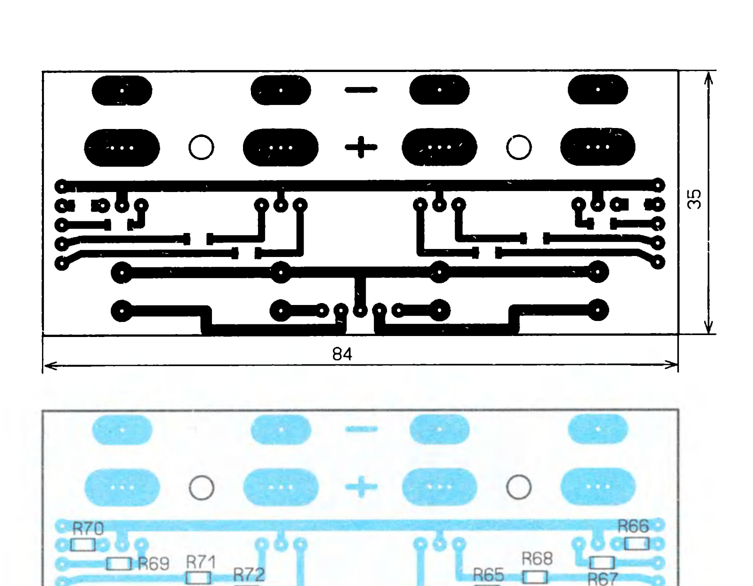
Кнопкой SB3 "C" включают режим измерения ёмкости аккумуляторов. Ячейка с установленным аккумулятором включается на разрядку, включаются красный и зелёный светодиоды, в результате получится жёлтый. При достижении напряжения 2,7 В ячейка включается на зарядку с включением красного светодиода. Во время зарядки производятся отсчёт времени, измерение напряжения и тока зарядки, и по измеренным параметрам производится вычисление накопленного в аккумуляторе заряда в мА•ч с выводом информации на дисплей. При достижении напряжения на аккумуляторе 4,2 В ячейка отключается от зарядки с включением зелёного светодиода.

Кнопкой SB4 "R" включают режим измерения внутреннего сопротивления аккумулятора, микроконтроллер измеряет и запоминает напряжение на аккумуляторе без нагрузки, затем подключает нагрузочный резистор и через 10 с измеряет напряжение на аккумуляторе. Затем отключает нагрузочный резистор и вычисляет внутреннее сопротивление аккумулятора, выводит полученное значение на дисплей и переходит к следующей ячейке, пустые ячейки игнорируются.

Большинство деталей устройства установлены на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, чертёж которой и схема размещения элементов показаны на **рис. 3,а**—**рис. 3,в**. Смонтированная плата показана на **рис. 4** и **рис. 5**. Она рассчитана на установку постоянных резисторов МЛТ, С2-33, резисторов для поверхностного монтажа типоразмера 1206, конденсаторы С1, С2, С4, С5 — К10-17, С3, С6, С7, С8 — К73-17 или импортные аналоги. Конденсатор С9 — К50-35 или иностранный аналог, он установлен под модулем Arduino Nano, там же установлены и С1, С2, С4, С5 и С8. Arduino Nano устанавливается в панель, поэтому под ним достаточно места для размещения этих конденсаторов.

Кнопки и светодиоды монтируют на отдельной печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, чертёж которой показан на **рис. 6**. Светодиоды — двухцветные с общим анодом диаметром корпуса 3 мм. К сожалению, тип светодиода неизвестен, очень похожим является светодиод DFL3019RGW. По-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



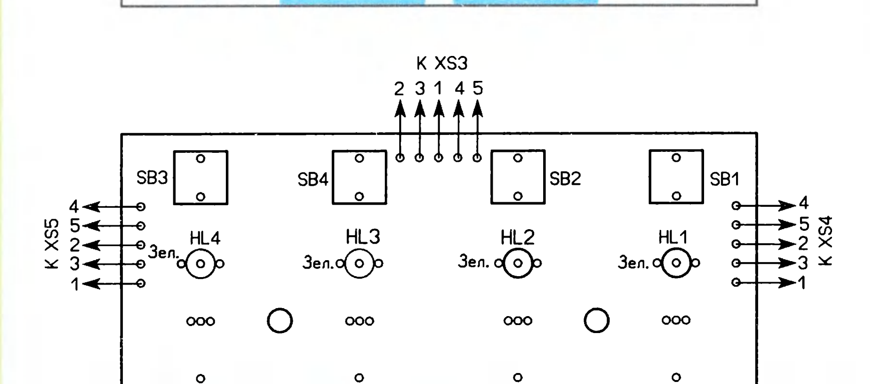


Рис. 6

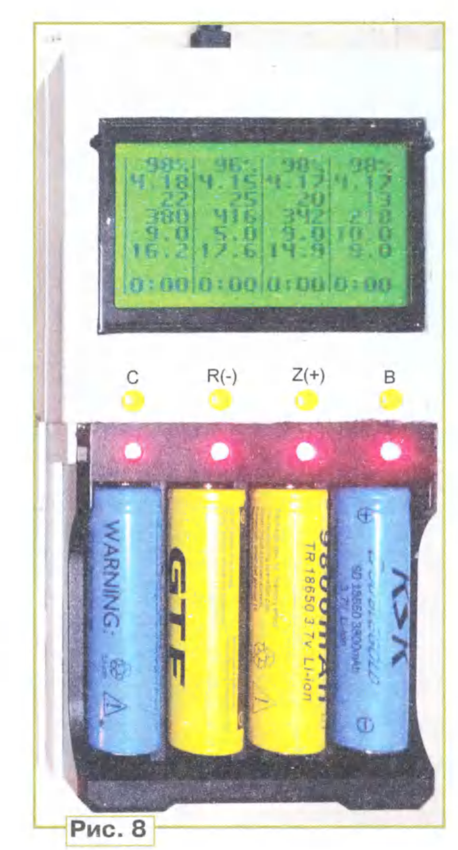


Рис. 8

креплён в корпусе с помощью термоклея, а к выводам дисплея припаяна плата модуля А3. От остатков верхней части отрезан кусок длиной 30 мм и дихлорэтаном приклеен к нижней части корпуса. Второй корпус взят от недорогого зарядного устройства, показанного на **рис. 9**. Из него вырезаны ячейки

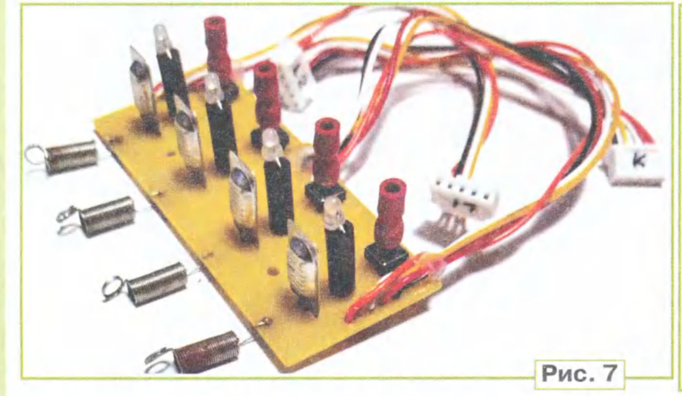


Рис. 7



Рис. 9

скольку яркость свечения у светодиодов разная, красные подключены через токоограничивающие резисторы сопротивлением 3 кОм, а зелёные — через резисторы сопротивлением 300 Ом, чтобы получить жёлтый цвет при одновременном включении светодиодов. Собранная плата показана на **рис. 7**.

На плате установлены металлические плюсовые контакты для подключения аккумуляторов и сделаны отверстия для закрепления пружин, подтягивающих минусовые контакты к аккумуляторам. Поначалу к пружинам подключались минусовые провода, но при токе зарядки или разрядки на пружинах падало напряжение до 0,7 В, из-за этого микроконтроллер неправильно считывал пороги отключения зарядки/разрядки. Поэтому пришлось припаять провода к металлическим площадкам минусовых контактов. Собранное устройство показано на **рис. 8**. Размеры корпуса — 180×100×50 мм.

Корпус сделан из двух доработанных корпусов, первый — размерами 150×100×50 мм, от верхней части отрезан фрагмент длиной 90 мм, и в нём вырезано отверстие размерами 80×52 мм для крепления дисплея, который закреплён к верхней части корпуса, как показано на **рис. 10**.

для подключения аккумуляторов и приклеены к верхней части корпуса, как показано на **рис. 10**.

На стенке со стороны аккумуляторов сделаны отверстия для прохождения потока воздуха, охлаждающего нагрузочные резисторы. На стенке со стороны дисплея закреплены два вентилятора размерами 25×10 мм, для них в стенке сделаны вентиляционные отверстия. Вентиляторы и крышка установлены на задней стенке с отверстиями (**рис. 11**), там же установлен разъём питания, который может быть любым подходящим. В моём устройстве установлен USB-разъ-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 12, 2022

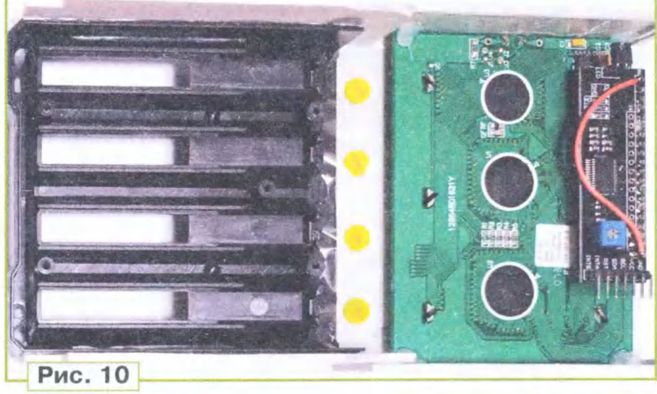


Рис. 10



Рис. 11

Рис. 13

ём TYPE-C, показанный на **рис. 12**. На нём установлена плата с контактами подключения и для удобства программирования (чтобы не разбирать прибор) с модуля Arduino Nano CH340, вывод 5(D+), вывод 6(D-) проводами были подключены к соответствующим контактам USB-разъёма питания, но это по желанию конечного пользователя. Расположение элементов внутри устройства показано на **рис. 13**.

Налаживания устройство не требует, и если оно собрано без ошибок, после сборки сразу начинает работать. При первом включении и программировании

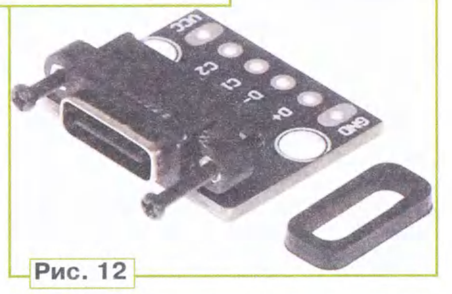


Рис. 12

данные надо внести в EEPROM микроконтроллера, в скетче в функции SETUP перед строкой **EEPROM_ Read();** разблокировать строку **EEPROM_Write();** и после программирования и запуска программы заблокировать эту строку и снова запрограммировать модуль Arduino Nano.

Все библиотеки, которые применены в программах, можно загрузить с сайта GitHub **(https://github.com/ru-doc)**.

*От редакции. Программы для программирования Arduino Nano, чертежи печатной платы в авторском и редакционном вариантах находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/12/akkum.zip** на нашем FTP-сервере.*

Посвящается А. С. Долгому

Прибор для определения тока насыщения катушек индуктивности с магнитопроводами

С. МИРОНЕНКО, г. Ейск Краснодарского края

При разработке и изготовлении катушек индуктивности и импульсных трансформаторов возникает вопрос об их пригодности для работы в конкретных условиях. Обусловлено это тем, что параметры применяемых магнитопроводов могут быть неизвестны или же приходится изменять индуктивность катушки индуктивности с помощью воздушного зазора. В результате возможна ситуация, когда материал магнитопровода будет входить в насыщение, если длительность импульсов через катушку становится больше допустимой. Это приводит к существенному уменьшению индуктивности и неуправляемому росту тока через катушку.

Прибор (**рис. 1**), описание которого приводится далее, позволяет автоматически или в ручном режиме проводить тестирование катушек индуктивности и трансформаторов с магнитопроводами на возможность их работы в конкретных условиях и определяет максимально допустимую длительность импульса напряжения на обмотке без вхождения магнитопровода в насыщение. Прибор может быть полезен радиолюбителям, которые занимаются проектированием источников питания.

Схема прибора показана на **рис. 2**. Основа прибора — 32-разрядный микроконтроллер на отладочной плате A2 (STM32F103C8T6). Он тактируется частотой 72 МГц и управляет всеми процессами в приборе — генерирует прямоугольные импульсы амплитудой 12 В, производит тестирование магнитопроводов, выполняет необходимые расчёты и результаты выводит на ЖК-дисплей HG1. Программа для микроконтроллера написана на языке Си с помощью программы визуальной конфигурации микроконтроллера STM32CubeMX и интегрированной среды разработки Atollic TrueStudio v.9.3. [1].

Прибор питается от промышленного импульсного стабилизированного блока питания A1 с выходным напряжением 12 В и выходным током до 3 А. Для питания микросхем и ЖК-дисплея требуется

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

выпрямленное напряжение 5 В, поэтому использован стабилизатор напряжения на микросхеме DA1 (КР142ЕН5А), который понижает напряжение с 12 В до 5 В. Конденсаторы C4 и C3 служат для подавления импульсных помех. Светодиод HL1 индицирует наличие напряжения на выходе стабилизатора.

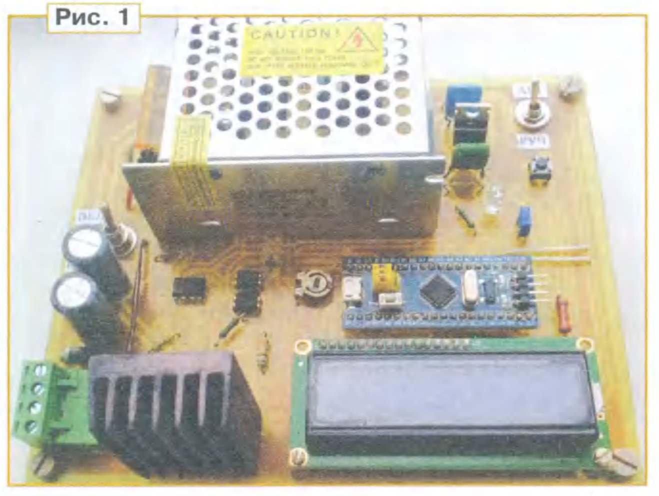


Рис. 1

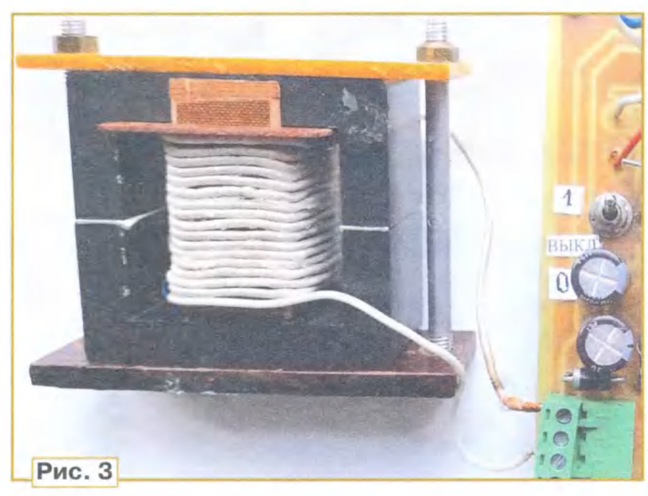


Рис. 3

Исследуемый трансформатор или дроссель с магнитопроводом подключают к клеммам XT1 "L_X" (**рис. 3**). В качестве электронного ключа использован мощный полевой транзистор IRFZ44N (VT1) с максимальным током стока до 49 А. Диод VD3 служит для ограничения выбросов напряжения на проверяемом трансформаторе или катушке индуктивности. Управление транзистором VT1 осуществляет отладочная плата A2. С вывода RB11 управляющие импульсы поступают на излучающие диоды оптопар U1 и U2. При высоком уровне на выводе RB11 фототранзистор оптопары U1 закрыт, а фототранзистор оптопары U2 открыт и соединяет затвор транзистора VT1 с общим проводом. При низком уровне напряжения на выводе RB11 открывается фототранзистор оптопары U1, а фототранзистор оптопары U2 закрывается. Напряжение питания 12 В поступает на затвор транзистора VT1, открывая его. Конденсаторы C1 и C2 большой ёмкости выполняют функцию накопления электрической энергии и обеспечивают формирование мощного импульсного тока при открытом транзисторе.

Для измерения тока, протекающего через проверяемую катушку индуктивности, использован датчик тока — резистор R13 сопротивлением 0,6 Ом, который сделан самостоятельно из нихромовой проволоки. Напряжение на этом резисторе $U_{R13} = R13 \times I_{Lx}$ будет изменяться точно так же, как и ток через катушку индуктивности L_x. Поэтому по изменению формы напряжения на этом резисторе можно судить об изменении тока через катушку L_x.

При подключении катушки индуктивности L_x к прибору и подачи на неё импульса напряжения амплитудой 12 В (**рис. 4**) ток в цепи будет вначале нарастать линейно (**рис. 5**). При насыщении материала магнитопровода ток начнёт возрастать нелинейно (**рис. 6**).

Рис. 2

Однако падение напряжения на датчике даже при большом токе может быть недостаточным для проведения измерений, поэтому его нужно усилить, прежде чем подать на вход АЦП микроконтроллера. Для усиления сигнала использованы ОУ DA2.1 и DA2.2 (микросхема серии LM358). Коэффициент усиления задан резисторами R1 и R4.

Прибор может работать в двух режимах — ручном и автоматическом. Переключение режимов осуществляется выключателем SA2. Режимы измерения и настройки запускаются с помощью кнопки SB1.

В **ручном** режиме прибор генерирует прямоугольные импульсы, управляющие переключением электронного ключа VT1, а необходимые измерения можно выполнять с помощью осциллографа, если он имеется. После включения происходит инициализация микроконтроллера (мигнёт светодиод зелёного свечения на отладочной плате) и проверка работоспособности ЖК-дисплея (**рис. 7**). Далее подключают проверяемую катушку. Осциллограф можно подключать либо непосредственно к датчику тока R13 или к выходу операционного усилителя (разъёмы X1, X2), если уровень сигнала на датчике слишком мал. Программа позволяет в ручном режиме генерировать прямоугольные импульсы амплитудой 12 В, длительность и период следования которых регулируется с помощью подстроечного резистора R3. Генерация запускается с помощью кнопки SB1 на панели прибора. При первом нажатии на кнопку запускается генерация импульсов и с помощью подстроечного резистора R3 можно регулировать их длительность, но не более 600 мкс. При втором нажатии на кнопку регулируется длительность паузы между импульсами, но в целях безопасности и защиты электронного ключа от перегрузки начальная пауза выбирается из расчёта не менее, чем в 30 раз больше длительности импульса. Большая скважность позволяет уменьшить среднюю рассеиваемую мощность на транзисторе VT1, а также использовать менее мощный блок питания, поскольку импульсный ток будут обеспечивать конденсаторы C1 и C2.

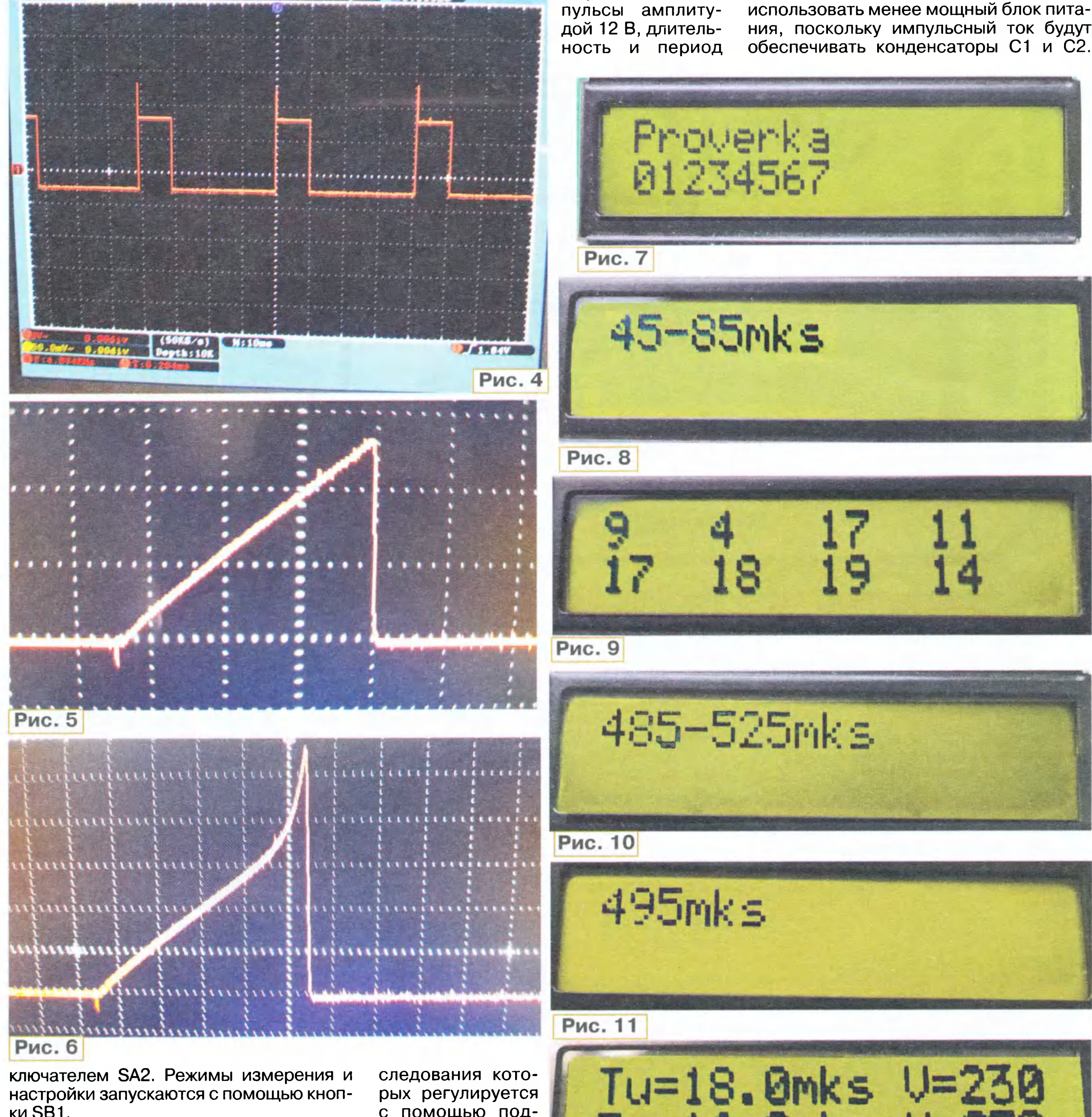


Рис. 4

Рис. 5

Рис. 6

Рис. 7

Рис. 8

Рис. 9

Рис. 10

Рис. 11

Рис. 12

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

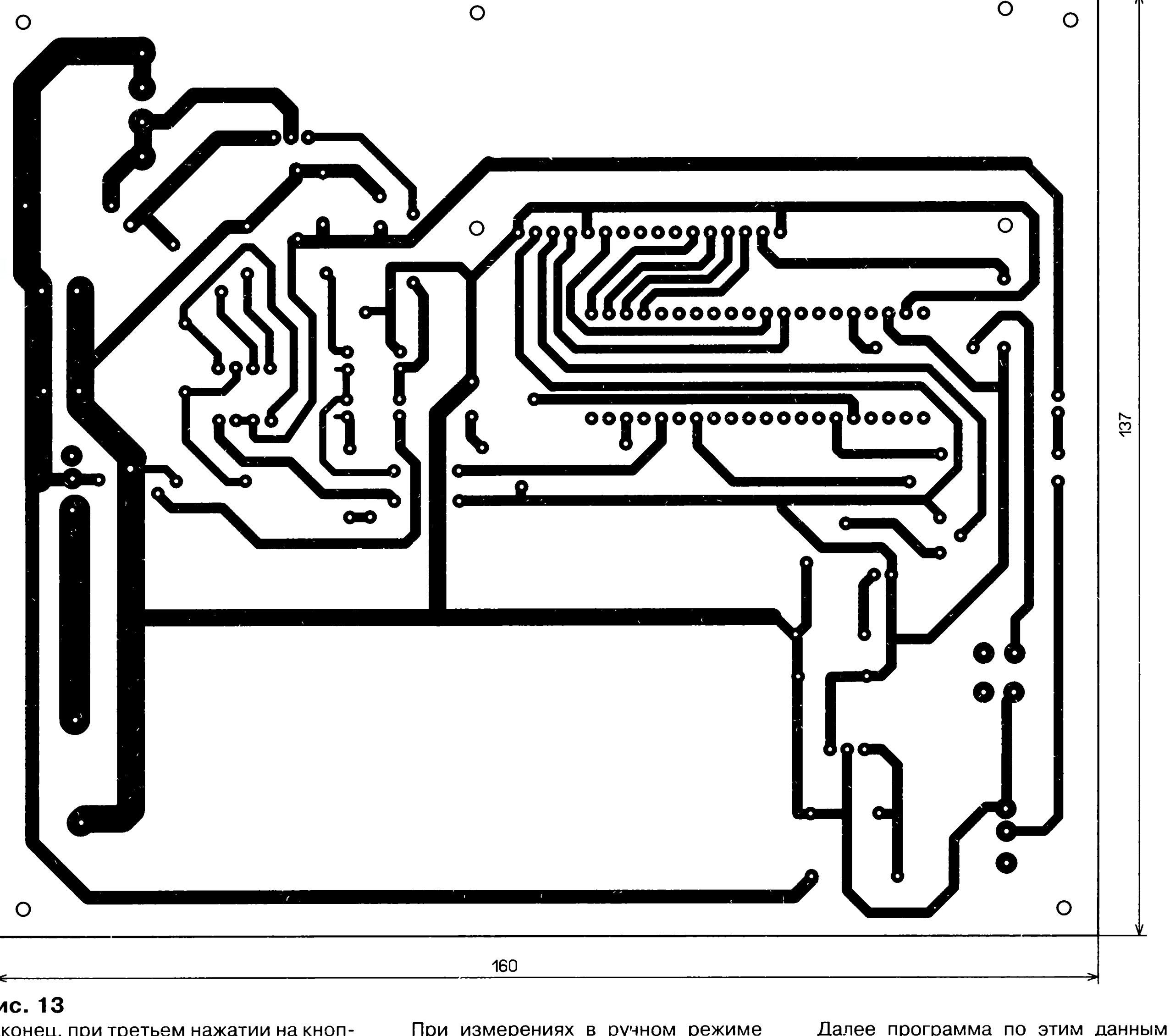


Рис. 13

Наконец, при третьем нажатии на кнопку прибор выходит из режима генерации.

На экране осциллографа необходимо получить осциллограмму, когда ток нарастает линейно, как на рис. 5. Длительность импульса следует плавно увеличивать с помощью подстроечного резистора R3 до тех пор, пока линейное увеличение напряжения на датчике тока не начнёт переходить в нелинейное, как на рис. 6. Максимально допустимая длительность импульса напряжения на обмотке трансформатора будет обратно пропорциональна напряжению этого импульса [2]. Например, если в приборе при напряжении питания 12 В насыщение магнитопровода начинает наступать при длительности импульса τ = 300 мкс, тогда в импульсном блоке питания при выпрямленном сетевом напряжении, амплитуда которого равна 325 В, длительность импульса должна быть в 325/12 = 27 раз меньше, т. е. не более, чем 300/27 = = 11 мкс. Обычно разработчики импульсной техники выбирают длительность импульса не более 0,7 от максимально допустимой.

При измерениях в ручном режиме перемычку S1 рекомендуется удалить для защиты входа RA1, к которому подключён второй АЦП микроконтроллера.

В **автоматический** режим измерений прибор переводится выключателем SA2. Измерения производятся вторым АЦП микроконтроллера, который подключён к выводу RA1. Измерения запускаются при нажатии на кнопку SB1 и прибор начинает подавать импульсы напряжения на проверяемую катушку. Каждый последующий импульс, начиная с длительности 5 мкс, больше предыдущего на 5 мкс. Период следования импульсов — 300 мс. На экран ЖК-дисплея сначала выводится значение временного интервала, который сканируется, например "45—85 мкс" (**рис. 8**), а затем разность приращений тока в уровнях квантования dUn (**рис. 9**):

dU1 = U1 – U0;
dU2 = U2 – U1;
dU3 = U3 – U2;
dU4 = U4 – U3;
dU5 = U5 – U4;
dU6 = U6 – U5;
dU7 = U7 – U6;
dU8 = U8 – U7.

Далее программа по этим данным анализирует скорость нарастания тока, учитывает возможные ошибки измерения, и если скорость, которая определяется как dUN/dt = dUN/5мкс, не превышает тангенс угла наклона, равный соотношению 5/1, т. е. 78 градусов, значение которого выбрано эмпирически, то делается вывод, что ток нарастает линейно. Тогда программа переходит к анализу следующего временного интервала, т. е. "485—525 мкс" (**рис. 10**) и т. д. При насыщении магнитопровода скорость нарастания напряжения на датчике тока резко увеличивается. По результатам измерения делается вывод, что если не менее трёх раз подряд измерения превысили допустимые значения, т. е. скорость нарастания тока стала больше, значит, магнитопровод на этом интервале входит в режим насыщения. Тогда дальнейшее сканирование останавливаются и от длительности третьего по счёту импульса, при котором произошло насыщение, вычитается выражение W×5 мкс, где W — число шагов, сделанных программой от момента обнаружения импульса первого, при котором произошло насыщение, до момен-

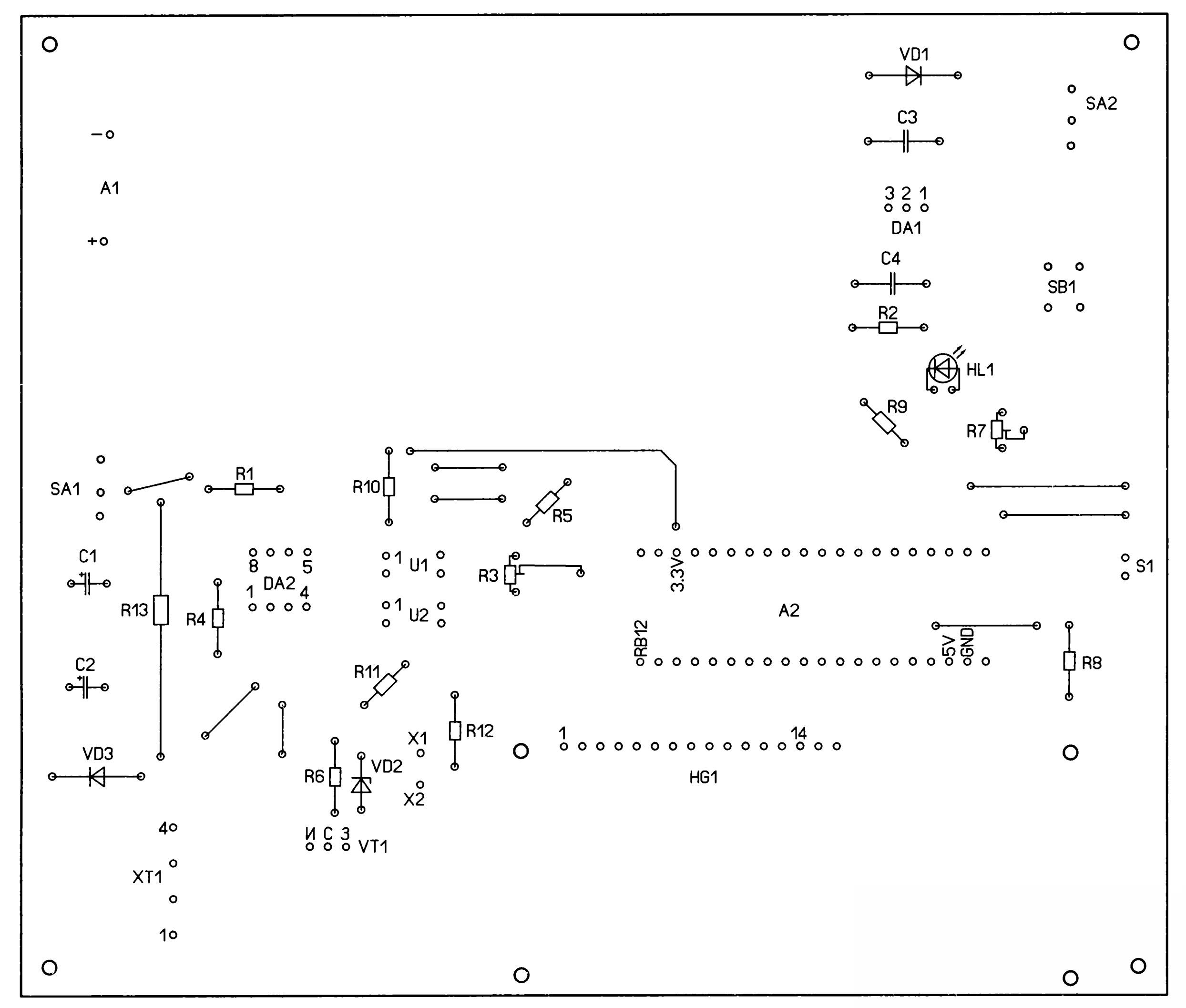


Рис. 14

та обнаружения третьего. После этого в течение 5 с на экран выводится полученное значение максимально допустимой длительности импульса амплитудой 12 В, например 495 мкс (**рис. 11**). После этого программа производит перерасчёт максимально допустимых значений длительности выпрямленных импульсов для сетевого напряжений 230 В (амплитуда — 325 В) и на случай повышения напряжения в сети до 250 В (амплитуда — 356 В). Результаты измерений и расчётов выводятся на экран ЖК-дисплея (**рис. 12**). Максимально допустимая длительность импульса — 18 мкс для сетевого напряжения 230 В и 16 мкс — для повышенного сетевого напряжения в 250 В. При повторном измерении в автоматическом режиме провода подключения обмотки к прибору рекомендуется поменять местами.

Если сравнить результаты измерений для трансформатора, изображённого на рис. 3, выполненных в ручном режиме с помощью осциллографа, и в автоматическом режиме, в первом случае насыщение наступает при длительности импульса около 460 мкс (см. рис. 6, цена деления развёртки по оси X — 100 мкс), а в автоматическом режиме длительность импульса — 495 мкс, т. е. разница небольшая.

Конструкция и детали. Все детали смонтированы на плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита, её чертёж показан на **рис. 13**, а расположение элементов на плате — на **рис. 14**. Применены постоянные резисторы серии МЛТ, С2-23, CF-25, подстроечный резистор R3 — СП3-38Б или RM065, резистор R7 — 3362W-1-103LP или PV36W502. На месте диода VD3 рекомендуется использовать импульсный диод серии FR801 или FFPF10P20STU. Конденсаторы C1 и C2 — оксидные серии ECAP, транзистор IRFZ44N можно заменить транзистором IRFZ48N, AUIRFZ44Z. Для этого транзистора был применён ребристый теплоотвод размерами 30×18 мм в основании и высотой 40 мм. ЖК-дисплей WH1602B-YYH-CTK1 можно заменить аналогичным на базе контроллера HD44780. Вместо микросхемы КР142ЕН5А можно применить микросхемы L4940V5, L7805ABV.

Налаживание прибора сводится к определению допустимой длительности импульса с помощью осциллографа, а затем в автоматическом режиме нужно выбрать оптимальное приращение времени, в течение которого производится измерение скорости нарастания тока и выбрать допустимую скорость нарастания тока. Испытания надо произвести для разных магнитопроводов с различными воздушными зазорами магнитопровода. Если измерения, произведённые в ручном и автоматическом режимах, совпадают с незначительными погрешностями, можно сделать вывод, что налаживание прибора произведено. В этом приборе в результате испытаний был сделан вывод, что при приращении длительности на 5 мкс разность уровней не должна превысить 25 единиц. В противном случае магнитопровод начинает входить в насыщение.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мартин М.** Инсайдерское руководство по STM32. — URL: **https://clck.ru/32FYh2** (05.10.22).

2. **Гумеров Ю., Зуев А.** Определение тока насыщения катушек индуктивности с магнитопроводами. — Радио, 2007, № 8, с. 36, 37.

*От редакции. Программы и файлы для программирования микроконтроллера, а также чертёж печатной платы находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/12/tok.zip** на нашем FTP-сервере.*

Миллиомметр — приставка к мультиметру

С. БИРЮКОВ, г. Москва

В радиолюбительской практике время от времени возникает необходимость измерения малых сопротивлений, например, шунтов, контактов переключателей или реле. Много лет назад автор разработал и изготовил цифровой омметр с широким интервалом измерений и наименьшим индицируемым сопротивлением 1 мОм [1], но в нём после многих лет эксплуатации микросхема АЦП, изготовленная более 30 лет назад, вышла из строя. Было решено не заменять 40-выводную дорогую микросхему, а изготовить приставку к цифровому мультиметру, расширяющую его возможности при измерении малых сопротивлений.

Схема приставки приведена на **рис. 1**. Она представляет собой генератор стабильного тока, проходящего через проверяемое сопротивление, падение напряжения на нём измеряют внешним мультиметром в режиме милливольтметра. Для исключения влияния контактных сопротивлений и соединительных проводов используется четырёхпроводная схема измерений.

Генератор стабильного тока собран на параллельном стабилизаторе напряжения DA1, ОУ DA2.1 и транзисторе VT1. ОУ сравнивает часть напряжения с микросхемы DA1 с падением напряжения на токоизмерительных резисторах R6—R8. Выходной сигнал ОУ управляет транзистором VT1, который и задаёт ток через измеряемое сопротивление R_x и токоизмерительный резистор.

При выбранной схеме включения параллельный стабилизатор обеспечивает стабильное напряжение 2,5 В, на нижнем плече R4 подстраиваемого делителя R2R3R4 — 200 мВ.

Рис. 1

Использованное в приставке подключение токоизмерительных резисторов исключает влияние нестабильности сопротивления контактов переключателя на точность показаний.

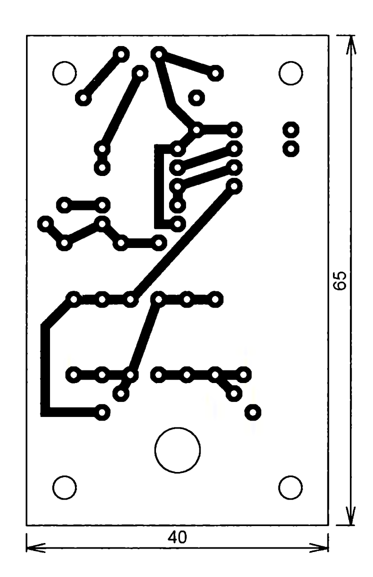
Резистор R5 и конденсаторы C1 и C2 обеспечивают стабильность ОУ DA2.1 в цепи с глубокой обратной связью. Основное назначение резистора R9 — ограничение броска тока через транзистор VT1 в момент подключения. Дело в том, что при отсутствии контролируемого резистора цепь обратной связи разрывается, на выходе ОУ DA2.1 напряжение близко к нулю и сопротивление канала транзистора VT1 равно единицам ом. В результате, при подключении низкоомного резистора или замыкании между собой зажимов миллиомметра, бросок тока при отсутствии R9 мог бы превысить допустимый для транзистора ток — 1 А.

Кроме того, резистор R9 снижает мощность, рассеиваемую на транзисторе VT1, и защищает этот транзистор от последствий случайного замыкания стока на общий провод.

Для питания миллиомметра используется внешний стандартный источник питания напряжением 5 В для сотовых телефонов. Можно использовать батарею напряжением 7,4 В из двух Li-Ion аккумуляторов, в этом случае сопротивление резистора R9 следует увеличить до 51 Ом. Для зарядки батареи подойдёт плата зарядного устройства, например, как на рис. 2 в [2]. В этой плате необходимо установить резистор, задающий зарядный ток в соответствии с ёмкостью аккумуляторов. Для исключения переразрядки аккумуляторов можно использовать защитную плату [2].



Рис. 2



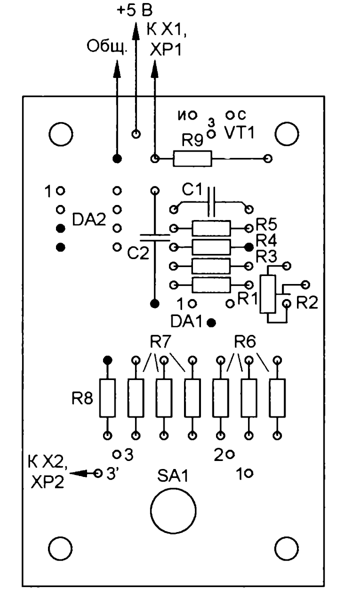


Рис. 3

В зависимости от положения движка переключателя SA1 меняются суммарное сопротивление токоизмерительных резисторов и генерируемый ток. В положении "0,01" ток равен 100 мА, измеряемому мультиметром в режиме милливольтметра напряжению 1 мВ соответствует сопротивление 0,01 Ом, в положении "0,1" — 10 мА и 0,1 Ом, в положении "1" — 1 мА и 1 Ом.

Для подсоединения измеряемого сопротивления в интернет-магазине приобретены специальные зажимы X1 и X2 с разделёнными губками, так называемые "зажимы Кельвина" (**рис. 2**). Можно использовать зажимы "крокодил", доработанные, как это описано во второй части статьи [1].

Резистор R7 получен параллельным соединением резисторов 20 и 200 Ом с допуском 0,25 % и 1,8 кОм с допуском 5 %, аналогично R6 — 200 Ом и 2 кОм, 0,25 % и 18 кОм, 5 %. Резисторы с допуском 0,25 % — С2-29В, остальные — МТ и МЛТ, 0,25 и 0,125 Вт и СП3-19а (R2), конденсаторы — керамические КМ. Переключатель — ПГ2-5-12П1Н, используются первые три положения. Вместо полевого транзистора на месте VT1 можно установить биполярный средней или большой мощности структуры p-n-p, например, серии КТ814. В этом случае сопротивление резистора R5 следует уменьшить до 300...510 Ом, а эмиттерный переход транзистора зашунтировать резистором сопротивлением 5,1...7,5 кОм.

Приставка собрана в пластмассовом корпусе с габаритными размерами 120×60×30 мм, большая часть деталей установлена на печатной плате размерами 40×65 мм из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1 мм. На стороне платы с деталями фольга сохранена и используется в качестве общего провода, отверстия для выводов радиоэлементов раззенкованы. Чертёж платы приведён на **рис. 3**, места пайки к фольге общего провода помечены чёрными точками, фотография смонтированной платы показана на **рис. 4**. Вывод 3 (один из входов второго ОУ) микросхемы DA2 соединён с общим проводом для обеспечения устойчивости ОУ.

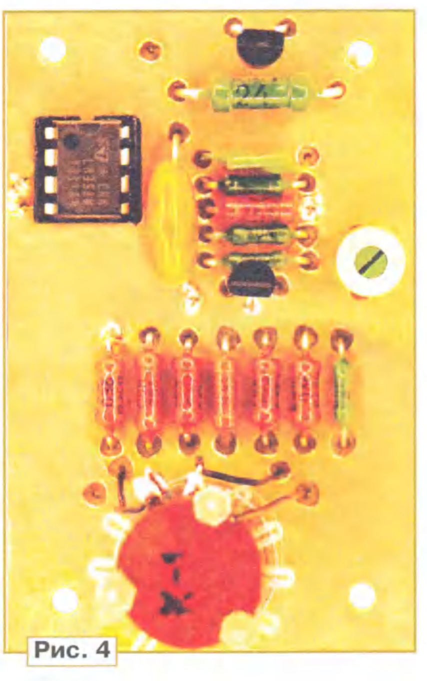


Рис. 4

Налаживание приставки заключается в установке резистором R2 выходного тока на пределе "0,01", равного 100 мА, при необходимости можно подобрать сопротивление резистора R3. Для этого выходные штыри XP1 и XP2 приставки подключают к входам мультиметра в режиме миллиамперметра.

При использовании самого простого мультиметра с дисплеем, имеющим 3½ разряда (максимальное показание на наиболее чувствительном пределе вольтметра 199,9 мВ), разрешающая способность прибора равна 1 мОм. Если в наличии есть мультиметр с режимом милливольтметра, например, AN8002 (3¾ разряда, максимальное показание 59,99 мВ) или RM303 (4½ разряда, максимальное показание 199,99 мВ), разрешающая способность с использованием приставки — 0,1 мОм.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бирюков С.** Простой цифровой мегомметр. — Радио, 1996, № 7, с. 32, 33; 1998, № 3, с. 32.

2. **Бирюков С.** Доработка светодиодного фонаря. — Радио, 2022, № 5, с. 39, 40.

Снова о Wi-Fi ДУ на модуле NodeMCU

Д. ПАНКРАТЬЕВ, г. Ташкент, Узбекистан

В статье [1] были рассмотрены общие принципы создания графического web-интерфейса (WebUI) систем беспроводного дистанционного управления (ДУ) на основе Wi-Fi-модуля NodeMCU v3 и приведён простой пример конкретной реализации WebUI для управления бытовой техникой. Важными аспектами в реализации и эксплуатации распределённых систем управления (РСУ) в целом являются функциональные возможности:

— местного управления оборудованием с одновременной передачей данных на WebUI для отображения (автоматическая синхронизация в направлении сервер—клиент);

— сохранения настроек оборудования и других данных в локальном ППЗУ.

Внедрение этих возможностей в рассмотренное устройство [1] существенно повысит его эксплуатационные свойства и даст представление об особенностях их реализации, в том числе и в промышленных целях.

В нашем случае в устройство управления бытовым вентилятором добавляются функции местного управления скоростью вращения с помощью кнопки, расположенной на его корпусе, передачи текущего значения скорости в WebUI с использованием технологии AJAX и сохранения этого значения в ППЗУ модуля NodeMCU для последующего включения без использования WebUI.

Изменения, вносимые в принципиальную схему, минимальны, поэтому она не приводится. Следует лишь добавить кнопку с контактами на замыкание и самовозвратом, которую надо установить между выводом D5 NodeMCU (на схеме не показан) и любым из выводов (контактов) GND. Рекомендуется также подключить параллельно контактам кнопки конденсатор ёмкостью 0,1..0,22 мкФ для подавления дребезга.

В большей степени изменения затронули программную часть сервера. На всех этапах программирования NodeMCU по-прежнему используется Arduino IDE, все установки для работы с платформой ESP8266 подробно описаны в [1]. Код серверной части приведён в файле FanControl3.ino.

Для обработки нажатий на кнопки задействован механизм прерываний. Особенностью работы с ESP8266 в Arduino IDE является обязательная инициализация всех функций обработки прерываний перед процедурой **setup()** с помощью инструкции, подобной этой:

```
void ICACHE_RAM_ATTR manSpdCtrl(); //init ISR function
```

В этом случае инициализируется функция ручного управления скоростью **manSpdCtrl()**. Далее, внутри процедуры **setup()** обычным образом назначается обработчик прерывания по спаду высокого уровня на выводе **SPD_PIN**:

```
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(SPD_PIN), manSpdCtrl, FALLING).
```

Отметим, что предварительно **SPD_PIN** активирован как вход с "подтяжкой" с помощью функции **pinMode(SPD_PIN, INPUT_PULLUP)**, поэтому подключения внешнего "подтягивающего" резистора не требуется.

Сама функция обработки прерывания предельно лаконична, что соответствует требованиям, предъявляемым к такого рода функциям:

```
void manSpdCtrl(){
  //флаг ручного управления скоростью
   manCtrl = true;
  }
```

Здесь только устанавливается соответствующий флаг, а логическая обработка нажатий на кнопку происходит в основном цикле:

```
if (manCtrl) {
  if (pwmOut < N_PWM) pwmOut++; else pwmOut = 0;
   eeWrite();
   manCtrl = false;
  }
```

Как видно, процедура обработки проста и циклически увеличивает при каждом нажатии переменную **pwmOut**, определяющую коэффициент программной ШИМ и собственно скорость вращения. Подробно о необходимости введения программной ШИМ и алгоритме её реализации рассказано в [1].

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Отсюда же вызывается функция **eeWrite()**, служащая для записи в ППЗУ установленного значения переменной **pwmOut**. Она содержит стандартную последовательность инструкций:

```
void eeWrite() {
//запись в EEPROM byte 0
  EEPROM.write(0, pwmOut);
  EEPROM.commit();
}
```

Вызов метода **commit()** является обязательным. С его помощью подтверждается запись всех данных, ранее подготовленных с помощью метода **write()**. Естественно, перед работой с функциями EEPROM необходимо подключить соответствующую библиотеку <**EEPROM.h**> в секции **#include** и выделить область памяти в 1 байт методом **EEPROM.begin(1)** в процедуре **setup()**. Там же происходит чтение сохранённых данных при запуске устройства:

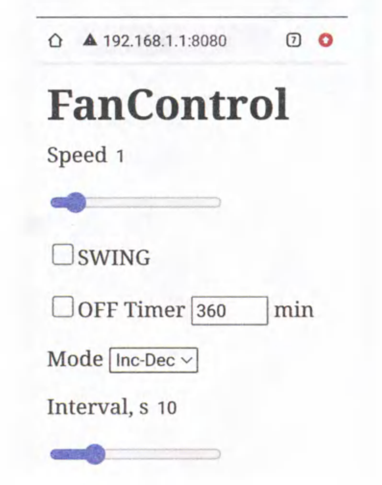
```
//считывание сохранённого значения скорости
pwmOut = EEPROM.read(0);
 if (pwmOut > N_PWM) { //чистая память
   pwmOut = 0;
     eeWrite(); //запись pwmOut в память
   powerOn = false;
   }
```

Если выделенная область памяти ни разу не использовалась (при первом включении считывается значение FF), в неё записываются нули, и устройство находится в выключенном статусе до первой команды на запуск, т. е. до изменения параметра скорости.

Рассмотрим теперь изменения в коде программы клиентской части на примере файла index.html, содержимое которого загружается с сервера в пользовательский интерфейс в обработчике запроса корневого URL:

```
void handleRoot() {
//отправка индексной html-страницы
  server.send(200, "text/html", idx_page);
}
```

В этом случае строковая переменная **idx_page** содержит html-код индексной веб-страницы. Сама переменная **idx_page** назначается в процедуре



setup() с помощью макроса **F**, который определяет, что содержимое переменной будет загружено во флэш-память с целью высвобождения ОЗУ. HTML-код в отформатированном удобочитаемом виде с комментариями приведён в файле index.htm. "Чистый" html-код, помещаемый в переменную **idx_page**, приведён в файле index_.htm.

Изменения кода index.htm незначительны, так как он создавался в расчёте на перспективное внедрение новых функций. Для автоматического обновления данных (параметра скорости) в WebUI используется технология AJAX, не требующая перезагрузки всей страницы. Поскольку js-функция **loadParms()** уже используется для первичной загрузки параметров с сервера по событию <**body onload**>, достаточно добавить её вызов по таймеру для периодического обновления данных. Для этого реализован таймер:

```
let timerId = setTimeout(function t() {
  loadParms();
  timerId = setTimeout(t, 2000);
 }, 2000);
```

Период опроса составляет 2 с (2000 мс). Это является оптимальным эмпирическим значением для автоматической системы управления технологическим процессом в целом.

Помимо этого, из интерфейса удалён чекбокс ON|OFF. Для отключения устройства достаточно установить ноль параметра скорости с помощью регулятора скорости или локальной кнопкой. Включение происходит при любом значении скорости, отличном от нуля. Внешний вид обновлённого интерфейса показан на **рисунке**.

Соответственно из кода клиентской и серверной частей удалены функции обработки состояния чекбокса ON|OFF. Отметим также, что программное обеспечение в целом подверглось заметной оптимизации кода, который снабжён достаточно подробными комментариями, поэтому полное его описание приводить не будем.

Схема, конструкция, применяемые детали и налаживание подробно описаны в [1]. Кнопка управления скоростью может быть применена любая слаботочная без фиксации, например, RWD-304, DS-316 [2]. Её устанавливают на корпусе устройства. Дополнительный конденсатор — К10-17б или аналогичный керамический (или плёночный) ёмкостью 0,1...0,22 мкФ. Его желательно разместить ближе к контактам платы NodeMCU.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Панкратьев Д.** Web-интерфейс Wi-Fi ДУ на модуле NodeMCU. — Радио, 2020, № 12, с. 44—47.

2. Кнопки DS-316. — URL: **https://asenergi.com/catalog/knopki/ds/ds-316.html** (07.09.22).

***От редакции**. Упомянутая в тексте программа находится по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/12/fancontrol3.zip** на нашем FTP-сервере.*

Регулятор мощности со стабилизацией действующего значения выходного напряжения

В. КРАВЦОВ, г. Новороссийск Краснодарского края

Регуляторы мощности различных нагрузок в цепях переменного тока (диммеры), которые в качестве управляемого ключевого элемента используют тиристоры или симисторы, очень распространены в быту. Они применяются как для изменения яркости осветительных ламп определённых типов, мощности электродвигателей различного электроинструмента и бытовых электроприборов, включая электропаяльники и различную кухонную технику, так и для некоторых зарядных устройств и сварочных аппаратов. Чаще всего в таких регуляторах используется фазоимпульсное управление, когда на управляющий электрод симистора или тиристора подаётся импульс с регулируемой задержкой относительно начала полупериода сетевого напряжения. С помощью специального узла эта задержка изменяется от 0 до 180 градусов, обеспечивая изменение напряжения на нагрузке от максимального до минимального.

В большинстве устройств узел управления состоит из фазосдвигающей цепи, содержащей переменный резистор, фазосдвигающий конденсатор и пороговый элемент, в качестве которого используются однопереходные транзисторы, динисторы или их транзисторный эквивалент. Достоинство таких узлов — простота конструкции. Но им присущи и очень существенные недостатки, главным из которых является зависимость фазовой задержки им-

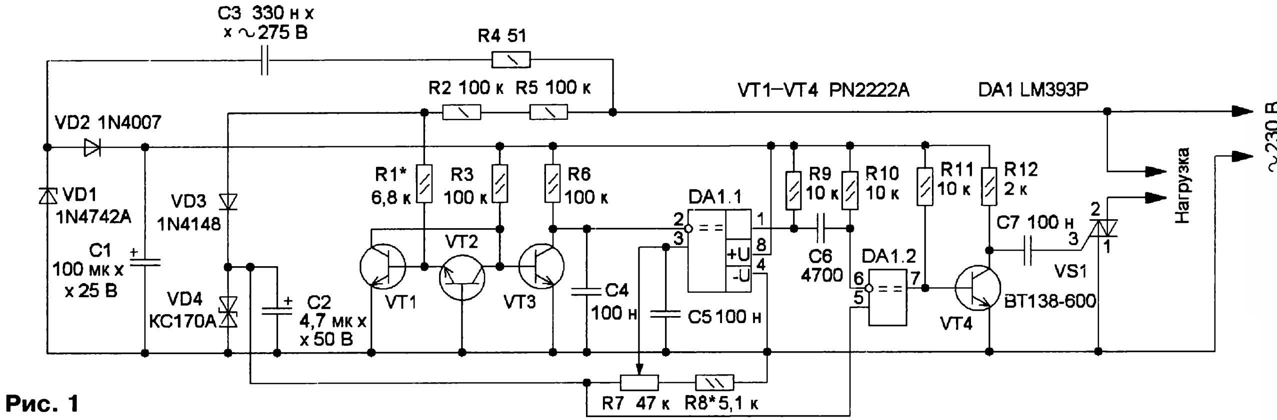
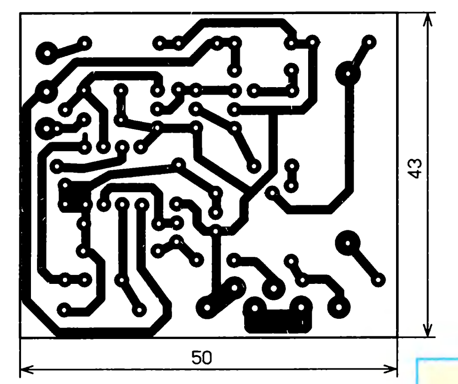


Рис. 1

пульса запуска от напряжения сети. Это существенно влияет на действующее напряжение нагрузки при колебаниях сетевого напряжения. Простой пример, при напряжении сети 220 В таким регулятором было установлено действующее напряжение на нагрузке 170 В. При падении напряжения в сети до 180 В (на 18 %) напряжение на нагрузке уменьшилось до 125 В (на 43 %). Для исключения ошибки измерения проводились мультиметром с функцией True RMS. Если, например, для управления яркостью ламп освещения используется такой регулятор, часто наблюдаются сильные мигания ламп при незначительных колебаниях напряжения в сети.



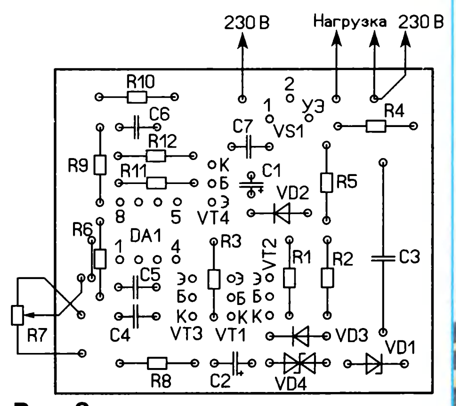


Рис. 2

Регулятор, схема которого приведена на **рис. 1**, лишён этого недостатка. При отклонениях напряжения в сети в широких пределах он обеспечивает практически стабильное действующее напряжение на нагрузке за счёт компенсирующей коррекции фазовой задержки импульса управления симистором. Естественно, что выходное напряжение регулятора не может превысить входного. Он состоит из формирователя импульсов перехода сетевого напряжения через ноль (транзисторы VT1, VT2), генератора пилообразного напряжения с фазовой привязкой к сетевым полуволнам (транзистор VT3, конденсатор C4 и резистор R6), компаратора DA1.1, который сравнивает пилообразное напряжение с заданным переменным резистором R7 постоянным напряжением. На выходе компаратора появляется импульс с изменяемой длительностью с задержкой от начала полупериода сетевого напряжения, определяемой напряжением на движке переменного резистора R7. При уменьшении этого напряжения задержка импульса уменьшается и приближается к 0 градусов, а при увеличении напряжения задержка меняется в сторону 180 градусов.

Рис. 3

Образцовое напряжение для переменного резистора образовано делителем напряжения R1/(R2+R5) и зависит от напряжения в сети. С помощью дифференцирующей цепи R10C6, компаратора DA1.2, транзистора VT4 и конденсатора C7 на управляющем электроде симистора VS1 формируются короткие отрицательные импульсы управления при любой полярности сетевой полуволны. При указанных номиналах элементов максимальная амплитуда пилообразного напряжения, подаваемого на вход компаратора DA1.1, — около 6,5 В. Если напряжение в сети равно 230 В, на конденсаторе C2 оно также составляет около 6,5 В. Стабилитрон VD4 с напряжением стабилизации 7 В служит для ограничения образцового напряжения на резисторе R7 при большом превышении сетевого напряжения над номинальным значением. Если этот стабилитрон не устанавливать, при напряжении в сети более 230 В действующее напряжение на нагрузке может незначительно уменьшиться, хотя это может быть даже полезным.

Напряжением питания 12 В все узлы регулятора обеспечивает стабилизатор напряжения, собранный на балластном конденсаторе C3, выпрямителе на диоде VD2, сглаживающем конденсаторе C1 и стабилитроне VD1.

Устройство допускает большое отклонение номиналов почти всех элементов с последующей коррекцией режимов. Например, сопротивление резистора R7 может быть от 10 кОм до 1 МОм, но при этом, возможно, дополнительно потребуется скорректировать сопротивление R8, номинал которого должен быть примерно в восемь раз меньше сопротивления резистора R7, чтобы напряжение на конденсаторе C2 было около 6,5 В при напряжении в сети 230 В. Постоянную времени цепи R6C4 желательно сохранить рекомендованной, чтобы амплитуда пилообразного напряжения не изменилась, в противном случае придётся корректировать напряжение на резисторе R7 с помощью резистора R1. При исправных элементах и отсутствии ошибок в монтаже устройство начинает работать сразу и не требует никакой настройки. Благодаря стабилизирующим свойствам регулятора на корпусе при-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

бора вокруг ручки резистора регулировки выходного напряжения R7 можно нанести шкалу выходных напряжений. Разметку шкалы производят путём измерения различных значений выходного напряжения с помощью мультиметра с функцией True RMS.

Печатная плата изготовлена из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, её чертёж показан на **рис. 2**. Вместо конденсатора С3 можно применить металлизированные лавсановые конденсаторы серии К73-17В, импортные полипропиленовые MPX-X2, KNB1530 или аналогичные, ёмкостью 0,22...0,47 мкФ, допускающие работу при переменном напряжении не менее 275 В. Конденсаторы С2, С5, С6, С7 — керамические серии К10-17 или импортные. Конденсатор С4 лучше использовать К73-17, в крайнем случае можно использовать и керамический, но из-за большого отклонения ёмкости таких конденсаторов от номинала может потребоваться подборка резистора R6 для сохранения амплитуды пилообразного напряжения около 6,5 В. Постоянные резисторы — МЛТ, С2-23 или импортные металлоплёночные, мощностью 0,125...0,25 Вт. Переменный резистор R7 — любого типа с линейной функциональной зависимостью, позволяющий установить на ось изолирующую ручку управления.

Транзисторы могут быть серий КТ3117, КТ3102. Тип применяемого симистора зависит от мощности планируемой нагрузки. Если ток нагрузки превышает 2 А, симистор необходимо установить на теплоотвод. Печатная плата позволяет это сделать. Компаратор, помимо распространённого серии LM393, можно использовать российский КР1401СА3Б. Внешний вид смонтированной печатной платы показан на **рис. 3**. Если регулятор используется для регулирования яркости осветительных ламп, плату можно разместить внутри подрозетника или небольшой электромонтажной распределительной коробки.

Следует иметь в виду, что элементы регулятора находятся под опасным напряжением сети 230 В, поэтому все работы, связанные с его доработкой, подбором элементов, настройкой, необходимо проводить с особой осторожностью, исключающей случайное прикосновение к токоведущим частям. В это время устройство лучше запитать через разделительный трансформатор, обеспечивающий гальваническую развязку от сети и ограничение выходной мощности.

*От редакции. Чертёж печатной платы устройства находится по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/12/regul.zip** на нашем FTP-сервере.*

Светодиодные модули 2В3С в регулируемом светильнике

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

В статье предложен светодиодный светильник с малым уровнем пульсаций яркости (светового потока), который достигнут применением для его питания стабилизатора тока, протекающего через светодиодные модули.

Для освещения рабочего места радиолюбителя (и не только для этого случая) требуется стабильный источник света, у которого пульсации яркости недопустимы. Не секрет, что многие сетевые источники света (лампы накаливания, КЛЛ, светодиодные лампы) имеют повышенный коэффициент пульсаций. Поэтому разработка стабильного источника света для местного освещения является актуальной. Не лишней будет возможность регулировки яркости светильника, вплоть до яркости ночника.

Описание такого светильника приведено далее. Его основа — светодиодные модули 2В3С, каждый из которых имеет номинальное напряжение питания 9...10 В, потребляемый ток до 300 мА и рассеиваемую мощность 3 Вт. Впрочем, можно использовать и другие модули с аналогичными параметрами [1]. Таких модулей может быть два или три. Можно применить и одиночные мощные светодиоды, размещённые на теплоотводе.

Для их питания применён сетевой регулируемый стабилизатор тока, в качестве которого был использован импульсный блок питания с выходными напряжением 12 В и током до 1,25 А (**рис. 1**) от офисной техники. С учётом того что для питания светодиодных матриц требуется напряжение около 9 В и стабильный ток, этот блок питания был соответствующим образом доработан. Фрагмент схемы источника питания с доработками показан на **рис. 2**, все вновь вводимые элементы выделены цветом и в обозначении имеют цифру 1. Штатные элементы имеют обозначение в соответствии с маркировкой на плате.



Рис. 1

Изначально этот блок питания был стабилизатором напряжения, выходное напряжение 12 В поддерживается с помощью параллельного стабилизатора напряжения U3 и оптопары U2, а его значение установлено с помощью резистивного делителя R13R14R15. Вид на плату недоработанного блока питания показан на **рис. 3**. Фрагмент платы со стороны печатного монтажа показан на **рис. 4**. Розовым цветом показаны разрезы, которые необходимо сделать в печатных проводниках.

Чтобы превратить этот стабилизатор напряжения в стабилизатор тока, введён датчик тока на резисторе 1R1, при этом резисторы R13, R14 будут отсоединены от общего провода, а на месте разреза установлен резистор 1R1. Нагрузка — светодиодные модули — подключена между плюсовым выходом стабилизатора и точкой соединения резисторов R13, R14 и 1R1. Фрагмент доработанной платы показан на **рис. 5**. Напряжение на управляющем входе стабилизатора U3 в процессе работы стабилизатора поддерживается постоянным (2,5 В) за счёт изменения выходного напряжения. Напряжение на управляющем входе стабилизатора U3 складывается из напряжения на резисторах R13, R14 и 1R1. В результате при увеличении тока через светодиодные матрицы напряжение на резисторе 1R1 увеличивается, поэтому выходное напряжение станет уменьшаться, а ток через светодиодные матрицы будет стабилизирован.

К выходу этого блока питания можно подключить до четырёх модулей 2В3С. Для выравнивания тока через них служат резисторы 1R4, 1R5, 1R8. Выходной ток можно установить подборкой резистора 1R1. Этот резистор должен иметь мощность рассеяния не менее 1 Вт, поэтому его можно составить из нескольких, включённых параллельно. В принципе, если не требуется регулировка яркости (регулировка тока), доработка блока питания на этом закончена.

Теперь можно перейти к изготовлению собственно источника света. При этом очень важно обеспечить отведение тепла от светодиодных модулей, поэтому потребуется эффективный теплоотвод. Здесь следует отметить, что один из существенных недостатков

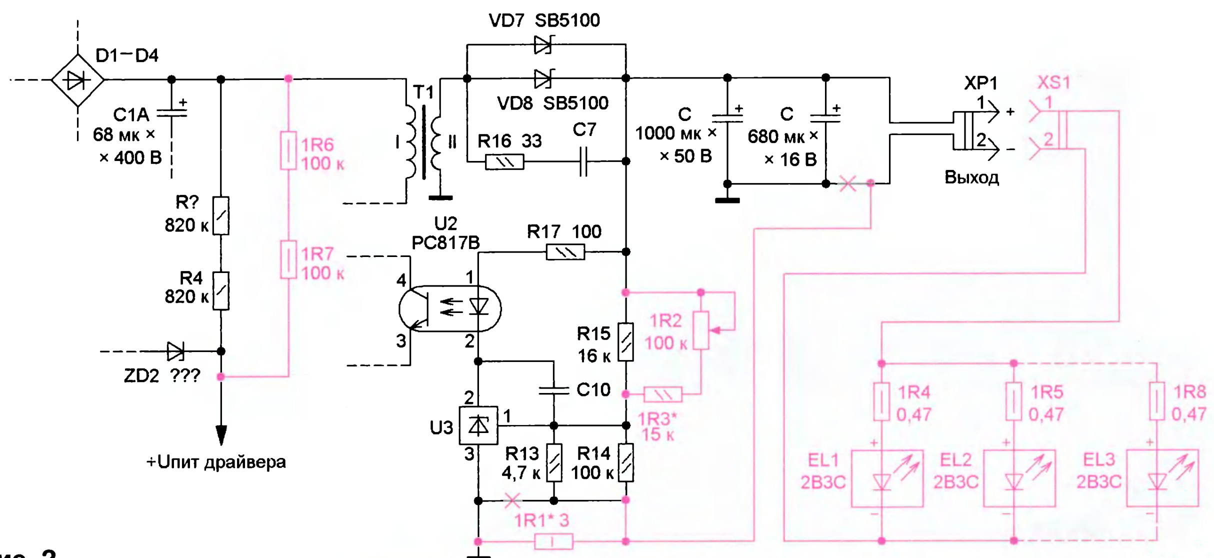


Рис. 2

большинства сетевых светодиодных ламп — не всегда эффективное отведение тепла от светодиодов. Это одна из причин их зачастую невысокой надёжности.

Если использовать уже готовый сетевой светильник, источник света надо адаптировать для установки в нём. Сетевой кабель светильника при этом надо удалить, и на его корпусе надо установить гнездо для подключения доработанного блока питания. А конструкция источника сделана такой, чтобы его можно было установить в патрон светильника. Светодиодные модули установлены на ребристом алюминиевом теплоотводе с основанием размерами 40×50 мм и рёбрами высотой 28 мм. На таком основании можно разместить два или три светодиодных модуля 2В3С (**рис. 6**). Теплоотвод закреплён на цокольной части от пластмассового корпуса КЛЛ с цоколем E27 (**рис. 7**). Светодиодные модули подключены к контактам цоколя, внутри размещены резисторы 1R4, 1R5. При установке гнезда питания надо соблюсти полярность подключения блока питания и источника света.

Рис. 3

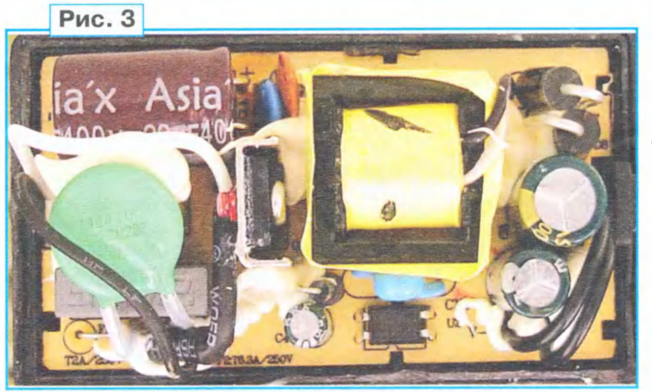
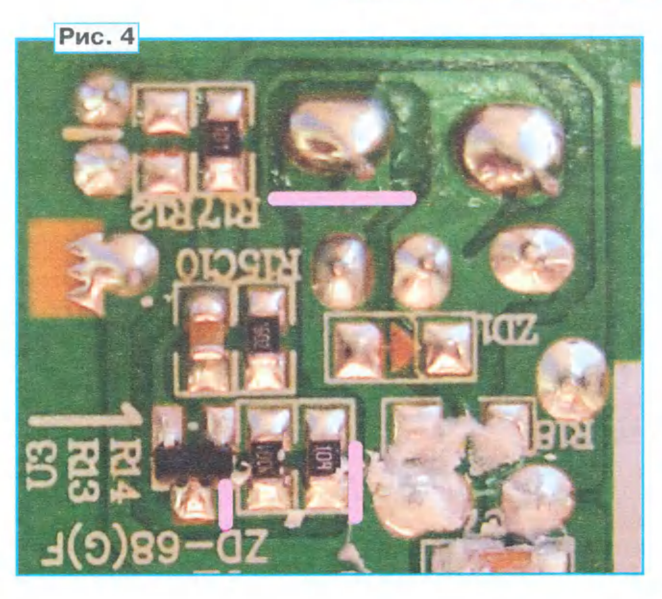


Рис. 4



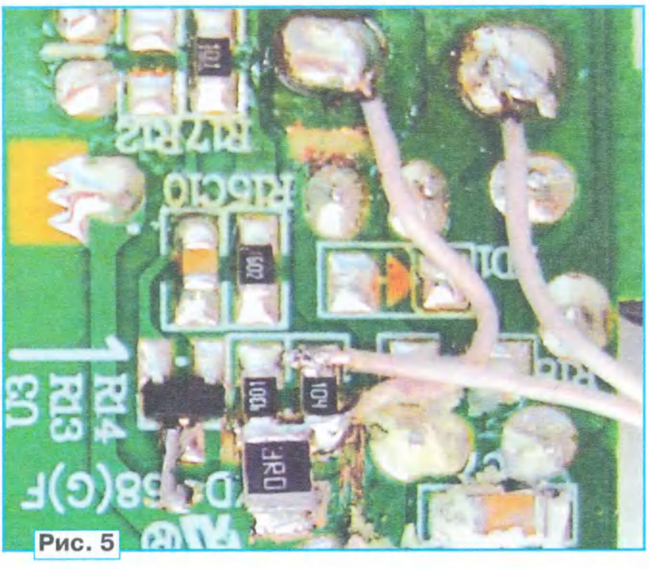


Рис. 5

На этом теплоотводе можно установить два или три одиночных светодиода, например, LG D152 [2], который включают последовательно и питают от доработанного блока питания.

Если сделать блок питания с регулировкой тока, можно будет изменять яркость светильника в широких пределах, превратив его, например, в ночник. Для этого в блок питания (см. рис. 2) надо ввести переменный резистор 1R2 и постоянный резистор 1R3. В этом случае при перемещении движка резистора 1R2 вниз по схеме напряжение на резисторах R13, R14 будет увеличиваться, а на резисторе 1R1 уменьшаться за счёт уменьшения тока через светодиодные модули. В результате яркость светильника уменьшается. Подборкой резистора 1R3 можно установить минимальную яркость. Переменный резистор устанавливают

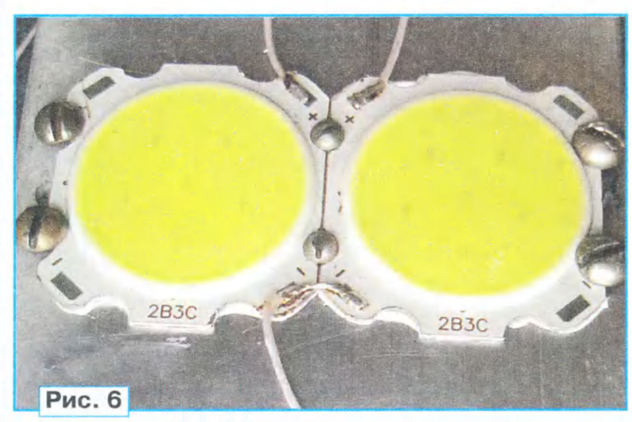


Рис. 6

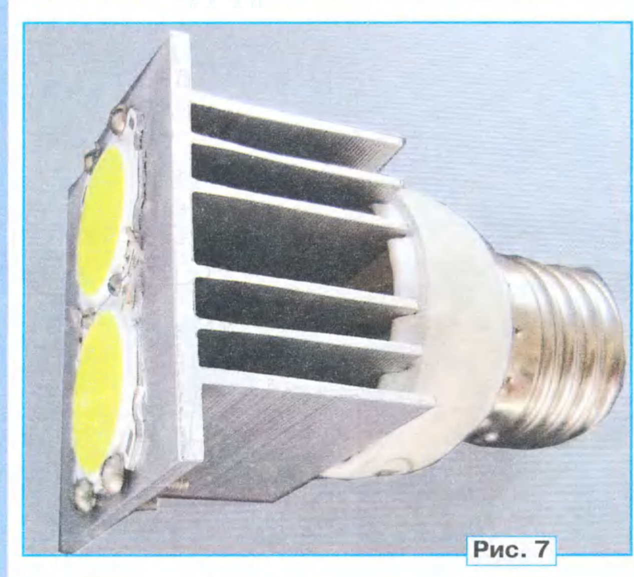

Рис. 7


Рис. 8

на крышке корпуса (**рис. 8**) в том месте, где на плате блока питания установлена оптопара (см. рис. 3). Переменный резистор следует применить малогабаритный, чтобы он поместился и не имел контакта с другими элементами блока питания.

На практике оказалось, что при малой яркости (малом выходном токе) преобразователь блока питания начинал работать неустойчиво и периодически перезапускался. Причина оказалась в том, что после запуска преобразователя часть питающего напряжения драйвера поступает от дополнительной обмотки импульсного трансформатора T1 (на рис. 2 не показана) и при уменьшении выходного тока этого напряжения оказывается недостаточно. Для устранения этого эффекта пришлось установить два резистора 1R6 и 1R7, которые обеспечивают устойчивую работу драйвера. Если при минимальной яркости светильника блок питания работает устойчиво, установка резисторов 1R6 и 1R7 не потребуется.

Не следует забывать, что часть элементов дорабатываемого блока питания находится под напряжением сети, поэтому в процессе доработки следует соблюдать правила техники безопасности.

Были проведены сравнительные измерения пульсаций яркости (светового потока) предлагаемого светильника и ламп накаливания, а также бытовых светодиодных ламп с помощью индикатора пульсаций яркости [3]. По результатам измерений пульсации у светильника отсутствуют, у ламп накаливания — около 6 %, у светодиодных ламп — от 2 до 10 %, в зависимости от производителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Светодиодные матрицы. — URL: **https://ledpremium.ru/catalog/leds/filter/loader_tip_tovara-svetodiodnaya_matritsa/** (08.10.22).

2. Мощный светодиод LG D152. — URL: **https://ledpremium.ru/catalog/5_vt_emitter_star/moshchnyy_svetodiod_lg_10w_3_3_6v_1_5a_600_lm_6000k/** (08.10.22).

3. **Нечаев И.** Индикатор пульсаций яркости осветительных ламп. — Радио, 2015, № 12, с. 41, 42.

БАШИРОВ А, БАШИРОВ С. Современный музыкальный центр. — Радио, 2019, № 8, с. 39—44.

Ошибки на схеме (рис. 1 в статье) и на плате (рис. 2, рис. 3 в статье)

Вывод 5 (R/W) HG1 должен быть соединён с выводом 2 (PB1) микроконтроллера DD1, а не с общим проводом. Левый по схеме вывод резистора R5 должен быть соединён с выводом 27 (PC5) микроконтроллера DD1, а не с его выводом 2 (PB1).

БУТОВ А. Встраиваемый компьютерный УМЗЧ на AN7169. — Радио, 2017, № 8, с. 20, 21.

Ошибка на схеме (рис. 1 в статье)

Выводы питания микросхемы DA1 (AN7169): Vcc — 10 и PGND — 9, а не 9 и 5, как указано на схеме.

ШУМИЛОВ А. Вариант стабилизатора с двойной защитой. — Радио, 2022, № 8, с. 33—35.

Печатная плата

Большинство элементов устройства размещены на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм. Чертёж платы показан на **рис. 1**. Она предназначена для установки постоянных резисторов МЛТ, С2-23, подстроечных резисторов СП-3-19а (R9 = 4,7 кОм), оксидных конденсаторов К50-35 или импортных, неполярных — серии К73.

***От редакции**. Чертёж печатной платы находится по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/12/nk12-1.zip** на нашем FTP-сервере.*

КУЗНЕЦОВ С. Бытовой сигнализатор утечки газа. — Радио, 2022, № 11, с. 46—48.

Печатная плата

Для монтажа большинства элементов устройства можно использовать печатную плату из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм, её чертёж показан на **рис. 2**. Применены выводные элементы, типы которых указаны в статье. Следует учесть, что есть несколько вариантов конструктивного исполнения модуля MQ-4, которые отличаются расположением и назначением выводов. Печатная плата разработана для модуля, внешний вид которого показан на **рис. 3**. Выводы на плате модуля должны быть расположены перпендикулярно.

***От редакции**. Чертёж печатной платы находится по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/12/nk12-2.zip** на нашем FTP-сервере.*

НАША КОНСУЛЬТАЦИЯ

РЕШЕТНИКОВ И. КРИСС: восьмиразрядный компьютер для широкого спектра задач. — Радио, 2021, № 5, с. 34—41.

Ошибка в табл. 14

В табл. 14 на с. 35 статьи ошибочно указана мнемоника порта DD (номер DEC — 220) — SYSAA. Правильная мнемоника — SYSVV, далее он так используется в тексте статьи.

ТУРЧАНИНОВ В. Измеритель ёмкости Li-Ion аккумуляторов на микроконтроллере PIC16F873A. — Радио, 2021, № 10, с. 42, 43.

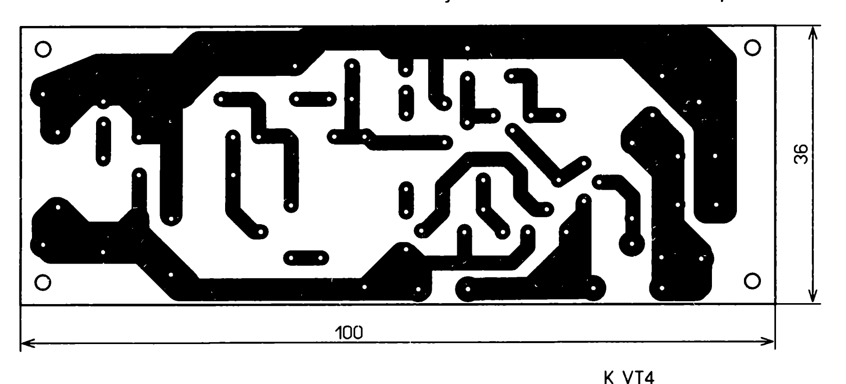
Ошибка в схеме

Между выводом 1 микроконтроллера DD1 и плюсовой линией питания (+5 В) должен быть подключён резистор сопротивлением 10 кОм.

РЕШЕТНИКОВ И. КРИСС: восьмиразрядный компьютер для широкого спектра задач. — Радио, 2021, № 1, с. 25—31.

Ошибка в проектировании

При повторении устройства следует обратить внимание на небольшую ошибку в проектировании: микросхема памяти DS1 по документации имеет выходной уровень логической единицы от 2,4 В, что не всегда корректно воспринимается микроконтроллером. Проблема решается дополнительными резисторами сопротивлением 2,2 кОм, подключаемыми между линией +5 В и линиями PB0—PB4 DD1 (выводы 1—5). Удобно использовать резисторную сборку (**рис. 4**), которую монтируют со стороны платы, противоположной установке деталей (нижней стороны). Линии PB5—PB7 уже имеют внешние подтягивающие резисторы DR2.2—DR2.4.



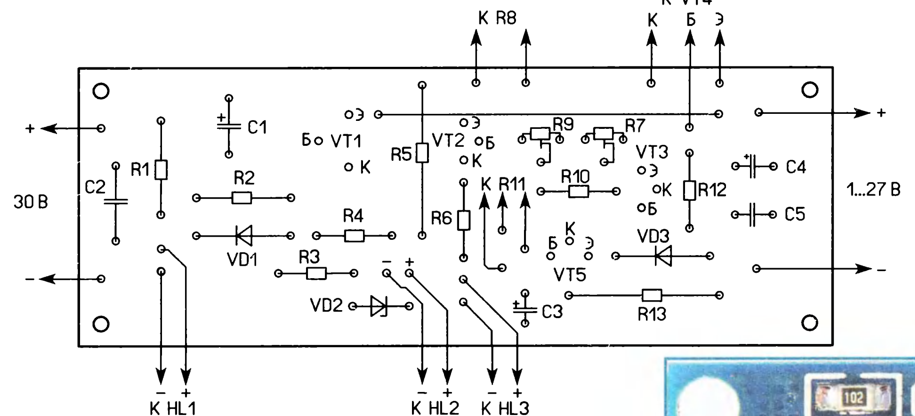
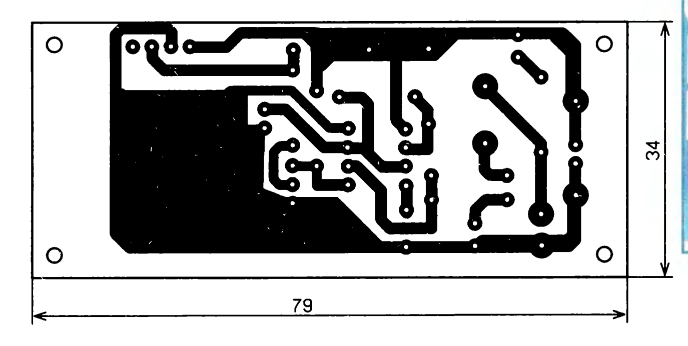


Рис. 1



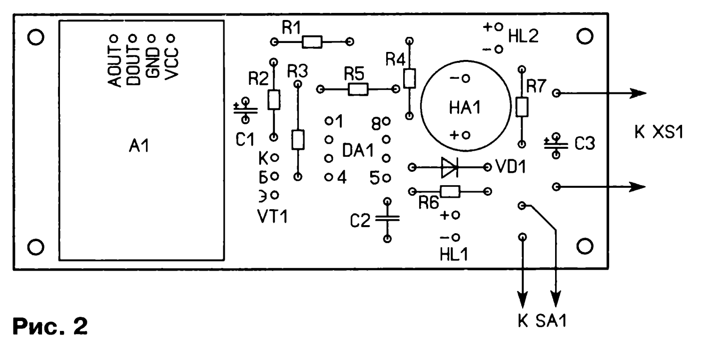


Рис. 2

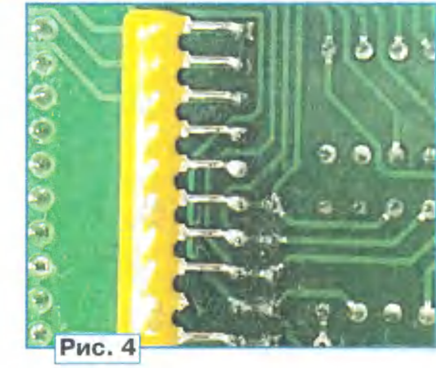


Рис. 3

Рис. 4

Из опыта зарубежной сборки компьютера КРИСС

И. РЕШЕТНИКОВ, г. Видное Московской обл.

Написать эту небольшую заметку побудило восхищение системным подходом, который используют некоторые команды энтузиастов в мире. На самом деле автором статьи правильно было бы считать Лесли Маринтете (Leslie Marentette) из Канады, поскольку всё, что далее описано, получено от него.

Небольшая предыстория: энтузиасты из группы Retro Computer Projects сайта энтузиастов по самым разным направлениям (**discord.com**) решили собрать для себя несколько компьютеров КРИСС (см. "Радио", № 1 за 2021 г.) и пригласили меня, как автора разработки, присоединиться к группе на случай, если возникнут вопросы. Таким образом, появилась возможность понаблюдать процесс группового творчества нескольких человек из разных стран (США, Канада). Опыт оказался восхитительным!

Прежде всего, поразили дружелюбие и целеустремлённость такой виртуальной команды, их взаимная поддержка и постоянный мозговой штурм. Они сразу отказались от помощи и соблазна идти простым путём, сказав, что это не так интересно, и решили сделать всё сами. Для начала были переведены на английский язык (машинным переводом с вычиткой) журнальные статьи с описанием компьютера КРИСС, началось обсуждение особенностей конструкции. Печатные платы были заказаны ими самостоятельно, но при этом они сохранили все авторские подписи из уважения к авторскому праву. Корпус решили не брать готовый, а сделать аналогичный свой на 3D-принтере, при этом, немного его усовершенствовав, к корпусу добавили VESA-крепление и превратили компьютер в неттоп! Можно много рассказывать, как подбирались детали, как они делились друг с другом запасами и пр. Но больше всего восхитил системный подход к самой процедуре сборки, о котором хочется рассказать.

Assembly BOM

Item	Qty	Type	PriValue	cValue	Package	Height	Reference	DigiKey		Mouser		Ali Express	
								Part Number	Manufacturer	Part Number	Manufacturer	Description	Vendor
1a	4	Resistor	49.9R	-	3.3mm	1.78mm	R23, R24, R25, R26	SFR16S0004999FR50	Vishay				
1b	4	Resistor	49.9R	-	0805	0.45mm	R23, R24, R25, R26	-	-	-	-		
2	2	Resistor	51R	-	3.3mm	1.78mm	R20, R21	RNMF14FTC51R0	Stackpole				
3	3	Resistor	100R	-	3.3mm	1.78mm	R3, R4, R7	RNMF14FTC100R	Stackpole				
4	2	Resistor	1K	-	3.3mm	1.78mm	R16, R19	RNMF14FTC1K00	Stackpole				
5	4	Resistor	1.5K	-	3.3mm	1.78mm	R2, R8, R9, R12	RNMF14FTC1K50	Stackpole				
6	2	Resistor	2K	-	3.3mm	1.78mm	R27, R28	RNMF14FTC2K00	Stackpole				
7a	1	Resistor	2.32K	-	3.3mm	1.78mm	R14	MBA02040C2321FC10	Vishay				
7b	1	Resistor	2.32	-	0805	0.45mm	R14	-	-	-	-		
8	3	Resistor	3K	-	3.3mm	1.78mm	R1, R5, R6	RNMF14FTC3K00	Stackpole				
9	6	Resistor	10K	-	3.3mm	1.78mm	R10, R11, R13, R15, R17, R22	RNMF14FTC10K0	Stackpole				
10	1	Resistor	47K	-	3.3mm	1.78mm	R18	RNMF14FTC47K0	Stackpole				

Assembly BOM

Item	Qty	Type	iValue	cValu	Package	Height	Reference
1a	4	Resistor	49.9R	-	3.3mm	1.78mm	R23, R24, R25, R26
1b	4	Resistor	49.9R	-	0805	0.45mm	R23, R24, R25, R26
2	2	Resistor	51R	-	3.3mm	1.78mm	R20, R21
3	3	Resistor	100R	-	3.3mm	1.78mm	R3, R4, R7
4	2	Resistor	1K	-	3.3mm	1.78mm	R16, R19
5	4	Resistor	1.5K	-	3.3mm	1.78mm	R2, R8, R9, R12

Рис. 1

Рис. 2

Для начала был подготовлен список компонентов или BOM (Bill Of Materials) в англоязычном варианте с точным указанием номеров элементов и источников, небольшой фрагмент показан на **рис. 1**. После того как список был окончательно выверен, он стал рабочим документом. Цветные метки в таблице сделаны не просто так.

Весь процесс сборки был разбит на несколько стадий, по каждой была подготовлена инструкция. Одна из страниц инструкции показана на **рис. 2**. Выбраны несколько элементов с цветовой маркировкой и показаны их расположения на плате. Вдобавок к каждой инструкции прилагается видеозапись процесса сборки. Процесс сборки разбит на десять стадий, на выходе получается готовое устройство.

Компьютеры собраны и работают, хотя некоторые члены группы даже не имели никакого опыта сборки радиоэлектронных устройств! Поэтому всем энтузиастам предлагаю взять такой метод на заметку.

Автор выражает благодарность Лесли Маринтете за любезное разрешение опубликовать результаты его трудов. Файлы для печати корпуса и VESA-крепления доступны на ресурсе **https://www.tinkercad.com/**, поиск по строке "CRISS Case 3D".

Интернациональное сообщество пользователей компьютера КРИСС CP/M — **https://discord.gg/TzgxdAmskw**.

__От редакции__. Все материалы, упомянутые в статье, находятся по адресу __http://ftp.radio.ru/pub/2022/12/CRISS_BOM.zip__ на нашем ftp-сервере.

К 65-летию события

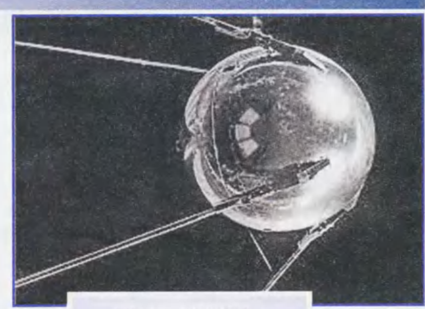
Запуск первого ИСЗ

Георгий ЧЛИЯНЦ (UY5XE), г. Львов, Украина
Борис СТЕПАНОВ (RU3AX), г. Москва

Утром 5 октября 1957 г. весь Земной шар облетела сенсационная весть — в СССР 4 октября выведен на орбиту первый в мире искусственный спутник Земли (ИСЗ).

Этот спутник был запущен в рамках Программы Международного геофизического года (МГГ), который начался 1 июля 1957 г. и проходил в течение всего 1958 г. ИСЗ представлял шар диаметром 58 см и массой 83,6 кг, имел четыре стержневые антенны разной длины (от 2,4 м до 2,9 м). Апогей его орбиты был около 1000 км.

По просьбе Академии наук СССР наши радиолюбители организовали (в течение почти месяца — до 3 ноября) массовые наблюдения и фиксацию его сигналов. На спутнике были установлены два передатчика: один — на частоту 20,005 МГц, другой — на 40,002 МГц (соответственно длина волны 15 м и 7,5 м). Сигнал формирователя телеграфных посылок подавался поочерёдно на каж-



Первый ИСЗ.



Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

ПРАВДА

Орган Центрального Комитета Коммунистической партии Советского Союза

4 октября 1957 года в нашей стране произведен успешный запуск первого в мире искусственного спутника Земли. Спутник имеет форму шара диаметром 58 сантиметров и весом 83,6 килограмма.

В настоящее время спутник со скоростью около 8 000 метров в секунду описывает эллиптические траектории вокруг Земли.

За полетом спутника с огромным вниманием следят во всех странах мира.

Прогрессивное человечество горячо приветствует новую историческую победу Советского Союза в развитии науки и техники.

Первый в мире искусственный спутник Земли создан в Советской стране!

ТРИУМФ СОВЕТСКОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Самые дерзновенные мечты человечества становятся реальностью

О движении искусственного спутника Земли

Статья в газете "Правда" о запуске первого ИСЗ.



ПЕРВЫЙ В МИРЕ—НАШ, СОВЕТСКИЙ!

СПУТНИК ОГРОМНОЙ ЗЕМЛИ

КОМСОМОЛЬСКАЯ ПРАВДА

Орган Центрального Комитета ВЛКСМ

Поздравляем, дорогие друзья!

Сообщение ТАСС

Сделано в СССР

ИЗ МИРА ФАНТАСТИКИ — В МИР РЕАЛЬНОСТИ

С БОЛЬШИМ ПРАЗДНИКОМ, С ВЕЛИКОЙ ПОБЕДОЙ!

Свидетельство беспредельной мощи

На год раньше

Историческое событие

Искреннее восхищение

ВОКРУГ ЗЕМНОГО ШАРА

СИГНАЛЫ ПРИНЯТЫ

Пять достижений

ЧЕЛОВЕК ВЫЙДЕТ И В КОСМОС

Статьи в газете "Комсомольская правда" о запуске первого ИСЗ.

дый передатчик и состоял из серии "точек" ("бип-бип-бип..."). Правда, по воспоминаниям некоторых участников наблюдений за полётом спутника (Владимира Николаевича Гончарского, тогда — UB5WF и Николая Исидоровича Кашина, тогда — UB5EF), примерно в середине полёта спутника что-то случилось с коммутатором формирователя, и сигнал ИСЗ превратился в сплошное "нажатие".

Следует заметить, что по первоначальной информации о необходимых особенностях приёмной аппаратуры [1—4] в специальных информационных письмах-бюллетенях, которые поступали в местные радиоклубы через спецчасти ОК ДОСААФ, радиолюбителям рекомендовалось использовать специально изготовленные приставки/конвертеры к приёмным устройствам (желательно с двойным преобразованием частоты и кварцованными гетеродинами для точного измерения "доплеровской частоты").

Представляет интерес документ о конструкции передатчика первого ИСЗ, имеющего оригинальное схемное решение питания накала ламп [5].

Примечательно, что его утвердил довоенный коротковолновик Михаил Сергеевич Рязанский (40RB/RK-193) [6].

Аппаратура для приёма сигналов ИСЗ в срочном порядке была изготовлена многими нашими радиолюбителями. Так, например, автору известно, что её изготовили омич И. Народицкий и львовянин В. Гончарский (UB5WF). "УКВ приёмник с диапазоном 27—150 МГц" последнего на проходившей в августе 1958 г. в Риге 15-й Всесоюзной выставке творчества радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ СССР был отмечен дипломом 1-й степени и пятым призом [7, с. 53, 115—122].

Правда, эти рекомендации на практике оказались несколько излишними, поскольку достаточно профессиональная регистрация сигналов спутника успешно обеспечивалась и



Александр Ильич Горковенко (UA0CD).



Всеволод Васильевич Штыхно (UA0IA), на переднем плане.



Ордена Трудового Красного Знамени
НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ № 885

Государственного комитета Совета Министров СССР
по радиоэлектронике

"УТВЕРЖДАЮ"
Главный конструктор
/РЯЗАНСКИЙ/
"31" 1958 г.

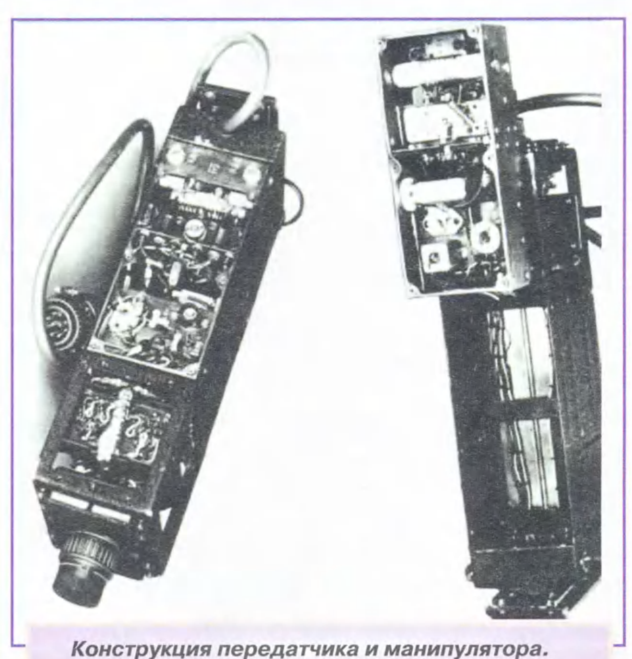
ОТЧЕТ
О РАЗРАБОТКЕ БОРТОВОЙ РАДИОСТАНЦИИ ПЕРВОГО СОВЕТСКОГО ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЗЕМЛИ
/прибор Д-200/

Начальник отдела № 14 /БОРИСЕНКО/

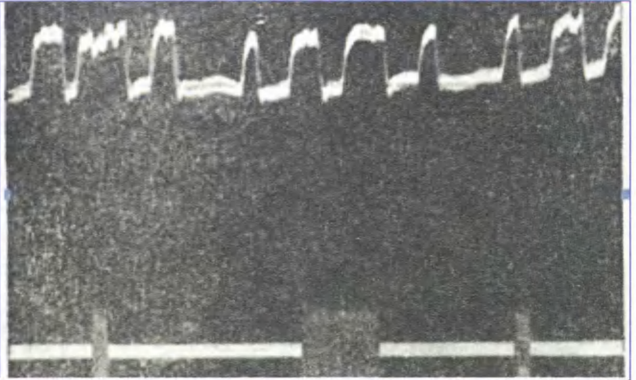
Исполнители:

Начальник лаборатории 144
кандидат технических наук /ГРИНГАУЗ/

Отчёт о разработке передатчика первого ИСЗ.



Конструкция передатчика и манипулятора.



Фотография сигналов ИСЗ, сделанная UB5WF с экрана двухшлейфового осциллографа, октябрь 1957 г.





Марки, посвящённые запуску первого ИСЗ.



QSL ЦРК, 1958 г.

МОСКВА
„СПУТНИК"
28 октября 1957 г.
№ С/180

Ляпин

УВАЖАЕМЫЙ ТОВАРИЩ!

Московский центр по обработке научных материалов о первом в мире советском искусственном спутнике Земли получил Ваше письмо.

Искренне благодарим Вас за сообщение данных наблюдения, которые будут использованы в научном обобщении материалов о первом в мире советском искусственном спутнике Земли.

ОТДЕЛ ПИСЕМ.

Письмо Герману Борисовичу Ляпину.



Участнику наблюдений за первыми в мире Советскими искусственными спутниками Земли

Кацин

Благодарим Вас за присланные сообщения. Ваши наблюдения представляют научную ценность и используются нами при обработке материалов в соответствии с программой Международного геофизического года.

Мы надеемся и в дальнейшем получать Ваши сообщения.

Комитет СССР по МГГ

Специальная открытка-благодарность, 1958 г.

армейскими профессиональными приёмниками. Например, с небольшими перестройками ("растяжкой") границ диапазонов (например, так было сделано на "коллективке" Львовского радиоклуба — UB5KBA) немецких трофейных приёмников "Torn.E.b" и "UKW.E.d1", фотографии которых можно посмотреть по адресу **http://www.rkk-museum.ru** на сайте радиомузея Валерия Громова.

В адрес "Москва — Спутник" (таков был почтовый адрес специального Комитета при АН СССР, созданного в рамках МГГ, — Комитет СССР по МГГ) поступили многие тысячи донесений (записи радиосигналов на магнитную ленту, измерения напряжённости поля, регистрация времени слышимости и характера радиосигналов) из более чем трёхсот населённых пунктов (радиоклубы ДОСААФ и индивидуальные любительские радиостанции), расположенных в самых различных районах СССР. Наблюдали за работой спутника и в Антарктиде (станция "Мирный" — UA1KAE), и на Северном полюсе (станция "СП-6").

Первое сообщение о приёме радиосигналов ИСЗ на радиостанцию ЦРК СССР (UA3KAA) поступило утром 5 октября от хабаровчанина Александра Ильича Горковенко (UA0CD), который их фиксировал с 00.20 до 00.28 MSK. Следующим было донесение от магаданца Всеволода Васильевича Штыхно (UA0IA; позже в Подмосковье — U3DI) [8].

Отчёты, магнитофонные записи и обычные письма-отзывы о приёме сигналов космического "первенца" прислали и радиолюбители из многих стран мира, из всех стран народной демократии: ГДР (DM2AZG), ВНР (HA5AM и HA5KBP), НРБ (LZ2KDO), ПНР (свыше десяти радиостанций), СФРЮ (коротковолновики SRJ — из многих населённых пунктов), СРР (YO3FB) и ЧССР (более двухсот коротковолновиков, включая OK1FA, OK1GM и OK1MB), а также из Англии (G3GUP и G3KSN — первый из иностранцев, который прислал отчёт), Бразилии (PY1ACY и PY2AK), Нидерландов (PA0RZL), Израиля (4X4II), Италии (I1AIC), Северной Ирландии (GI6TK/A), США (K3CAB, K6UYC, W0ORX, W1EKU, W8DEN и W9CZR), ФРГ (DJ3JV и DJ3JW), Франции (F3CT), ЮАР (ZS6DG) и с Азорских островов (CT2AN).



Марка в честь запуска второго ИСЗ.

Редакция журнала "Радио" ежедневно получала сотни писем-откликов от представителей радиолюбительских СМИ, Академий наук многих стран и персонально от крупных учёных, напри-



Сергей Михайлович Михеев (UA1AR).



Алексей Германович Рекач (UA3DQ) с дочерью Наташей.



С. Е. Гаинцев (UA9YX).



Виктор Иосифович Аникин (UA3TA).



Владимир Николаевич Гончарский (UB5WF).



В. М. Левченко (RG6ABD).



Константин Константинович Сливицкий (RI8AKR), 1928 г.



Памятный жетон АН СССР, 1959 г.

мер от известного норвежца Тура Хейердала.

Свои восторженные письма присылали и коротковолновики, впоследствии легендарный Дик Спенцер (KV4AA), который был занесён в "Книгу рекордов Гиннесса" — в главу "Радио" за проведение 48100 QSO's на протяжении 1978 г. (позже он принимал сигналы второго ИСЗ), впоследствии известный функционер IARU Reg.1 Войцех Нетыкша (SP5FM), а также KL7AZZ, KL7YG (YL!), PY3AQU и многие другие.

Вклад радиолюбителей был очевиден, поскольку вышеперечисленную работу в таком объёме не смогли бы выполнить даже все многочисленные специально организованные научные центры и экспедиции многих министерств и ведомств страны.

В честь запуска первого ИСЗ были выпущены две почтовые марки.

Комитет СССР по МГГ разослал всем, принявшим участие в наблюдениях за "первенцем", специальные открытки-благодарности, а ЦРК выпустил массовым тиражом бланки специальных памятных QSL's, которые поступали в местные радиоклубы, "проштамповывались" коротковолновиками и использовались для рассылки в качестве своих ответных QSL's.

Приведу письмо москвичу Герману Борисовичу Ляпину (UA3AOW, ранее в Новосибирске — UA9OW) от Московского центра по обработке научных материалов о первом ИСЗ.

<u>Примечание</u>. Герман Борисович Ляпин (Новосибирск, ранее — 065509, позже — RA9OCC, UA9OW, в Москве — UA3AOW, много лет в выпусках "На любительских диапазонах (НЛД)" газеты "Советский патриот" вёл рубрику "Прохождение на диапазонах").

3 ноября 1957 г. был запущен второй спутник, на борту которого была собака Лайка. В честь его полёта была выпущена почтовая марка. А Лайка была изображена на почтовых марках ВНР, КНР, КНДР, МНР (две марки), ПНР (серия марок), СРР и других стран.

В начале 1958 г. члены Магаданского радиоклуба В. В. Штыхно (UA0IA), П. Ф. Вишневский (UA0IG) и Б. Ворона, тбилисец Сергей Николаевич Кикнадзе (UF6FB), К. А. Кравец из Уфы (UA9WA), член Омского областного радиоклуба (UA9KMA) И. Народницкий и барнаулец С. Е. Гаинцев (UA9YX) были



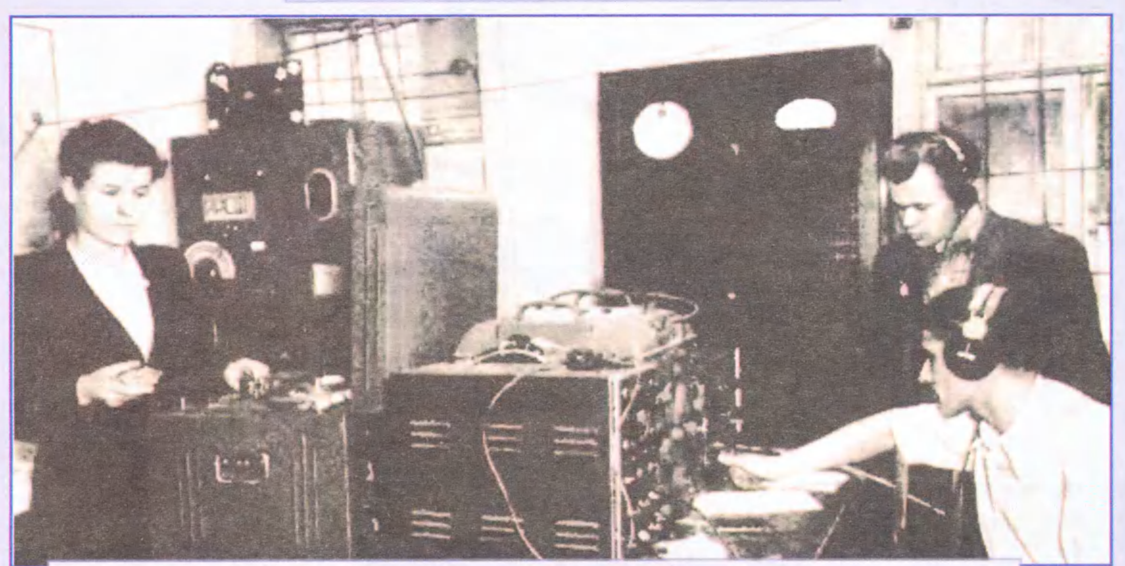
Ленинградец Н. Г. Иванов (UA1NG).



На коллективной радиостанции МЭИС (UA3KAH) Н. Енжанов, Лев Петунин (позже — UA4IU), В. Кустов и Е. Зиберт.



Член Омского областного радиоклуба И. Народницкий (UA9KMA).



На коллективной радиостанции Свердловского областного радиоклуба (UA9KCA) Н. Боброва (начальник), И. Куприянов и Р. Унжин.



К. А. Кравец (UA9WA).



Сергей Николаевич Кикнадзе (UF6FB).

отмечены дипломами и поощрительными призами журнала "Радио" (радиоприёмники, фотоаппараты, часы и др.) за приём сигналов космического "первенца".

В 1959 г. за активные наблюдения за радиосигналами первых двух ИСЗ — первых разведчиков космоса памятными жетонами АН СССР были награждены коротковолновики-ветераны — ленинградец Сергей Михайлович Михеев (UA1AR, в 1921 г. — радист ледокола "Ермак", позже — eu3CN), горьковчанин Виктор Иосифович Аникин (UA3TA, ранее — 94RA/RK-60, позже — eu2BW, U3VC, двоюродный брат 39RA) и москвич Алексей Германович Рекач (UA3DQ, ранее — eu2PK, U3DQ), а также архангелогородец Н. К. Лемешев (UA1OE) и Б. И. Ефимченко (UA6LA) из Ростова-на-Дону, новосибирец Г. Г. Касаткин (UA9OK) и хабаровчанин А. И. Горковенко (UA0CD), А. А. Каш (UA0FR) из Южно-Сахалинска и И. Н. Капустин (UA0RW) из Якутска, Евгений Михайлович Погребняк (UB5MF, позже — U5MF, отец RB5MF, ныне — UT0MF) из п/о Счастье Луганской обл. и львовянин В. Н. Гончарский (UB5WF, ранее — UB5BK, позже — U5WF, отец UB5WE, ныне — US5WE), ашхабадец Г. С. Хакимов (UH8AA) и рижанин Бруно Я. Грейжа (UQ2AN), ереванец В. М. Левченко (RG6ABD, позже — UG6ABD, RG6GAE) и Константин Константинович Сливицкий из Ташкента (RI8AKR, с 1927 г. в Крепости Кушка Туркменской ССР — 48RA, au8AS, позже в Ташкенте — au8AA, после войны — UI8AAA, RI8AAA).

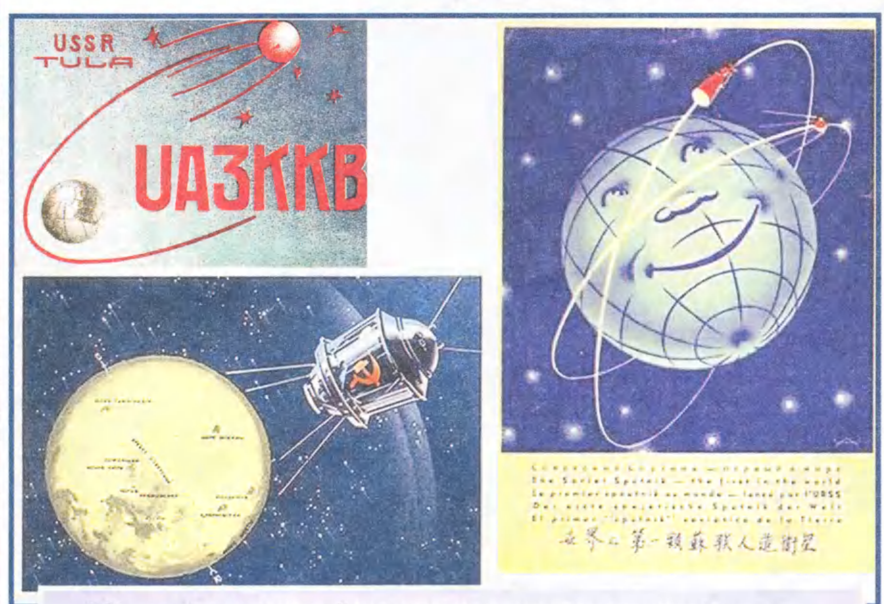
История сохранила фотографии некоторых коротковолновиков, которые были награждены памятным жетоном АН СССР.

В журналах "Радио" № 12 за 1957 г. и № 1 за 1958 г. было опубликовано несколько фотографий тех, кто активно наблюдал за работой первого спутника.

В. Н. Гончарский (UB5WF) бережно хранил полученный приз как память о своей молодости. Приз представляет собой "Музыкальный макет первого ИСЗ". Снизу макета находится ручка завода пружины механизма, которая раскручивается и приводит к вращению специального барабана. По всей его плоскости установлены несколько сотен иголок. По мере вращения барабана либо одна, либо сразу несколько (по соответствующей программе) иголок приподнимают соответствующее число пластин, которые расположены на общем основании в ряду из двадцати двух штук. Возвращаясь в исходное положение, эти пластины издают соответствующие по тональности звуки. Сначала звучит шесть "точек", а затем играет трёхоктавная мелодия — куплет из популярной в те годы песни "Широка страна моя родная".



Приз журнала "Радио", полученный В. Н. Гончарским (UB5WF) в 1958 г.



QSL-карточки, посвящённые запуску первых двух спутников.

Призами журнала "Радио" были отмечены и коллективы радиоклубов. Первый приз — телевизор "Темп-3" — был присуждён Хабаровскому радиоклубу за составление графика напряжённости поля и проведение магнитной записи 60 сеансов. Второй приз — радиоприёмник "Даугава" — получил Магаданский радиоклуб за проведение в течение пяти дней 120 сеансов наблюдений, а третий приз — магнитофон "Эльфа-6" — был вручён Ленинградскому городскому радиоклубу за проведение 23 сеансов наблюдений на частоте 40,002 МГц и за 53 сеанса — на частоте 20,005 МГц.

Примечание.

— В соответствии с международной системой регистрации космических объектов (ИСЗ, космических зондов и др.), в рамках международной организации КОСПАР, в 1957—1962 гг. космические объекты обозначались годом их запуска, с добавлением буквы греческого алфавита, соответствующей порядковому номеру запуска в текущем году, и арабской цифры — номера орбитального объекта, в зависимости от его яркости или научной значимости. Первый ИСЗ получил обозначение "1957a2";

— В вышеупомянутых бюллетенях указывалась ориентировочная дата запуска — середина октября... Надеюсь, что читатель понимает о необходимости соблюдения определённой секретности о точной дате запуска спутника, поскольку шла "космическая" конкуренция между СССР и США.

— Первый американский ИСЗ "Эксплорер-1" ("Исследователь") был выведен на орбиту спустя почти четыре месяца после запуска первого ИСЗ — 31 января 1958 г. в 22.48 по Нью-Йоркскому времени.

В 1959—1960 гг. были отпечатаны QSL's, посвящённые запуску первых двух спутников.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Вахнин В.** Искусственные спутники Земли (справка для радиолюбителей-наблюдателей). — Радио, 1957, № 6, с. 14—17.

2. **Казанцев А.** Наблюдения за радиосигналами с искусственного спутника Земли и их научное значение. — Радио, 1957, № 6, с. 17—19.

3. **Ржига О., Шаховской А.** Наблюдение за сигналами искусственных спутников Земли. УКВ приёмник. — Радио, 1957, № 7, с. 17.

4. **Ржига О., Шаховской А.** Наблюдение за сигналами искусственных спутников Земли. Методика наблюдений. — Радио, 1957, № 8, с. 17—19.

5. **Степанов Б.** Передатчик первого ИСЗ. — Радио, 2013, № 4, с. 55, 56.

6. **Степанов Б., Члиянц Г.** Главный конструктор. — Радио, 2011, № 2, с. 5, 6, 2-я с. обл.

7. **Дольник А.** (состав.). Лучшие конструкции 14 и 15 выставок творчества радиолюбителей. — М: ДОСААФ, 1959, 264 с.

8. **Степанов Б., Члиянц Г.** Радиолюбители и первые ИСЗ. — Радио, 2011, № 10, с. 4—6.

Игрушка "Умный дятел"

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Эта игрушка предназначена для детей и призвана развивать чувство ритма. Игрок, выстукивая определённые ритм-наборы, заставляет периодически их повторять игрушку — дятла. В основе её работы лежит описание конструкции из статьи автора [1]. Принцип работы игрушки заключается в том, что микроконтроллер измеряет длительность пауз между соседними короткими ударами (стуками) длительностью не более 40 мс и запоминает их. Получается своего рода акустическое ритмическое кодирование входящих данных. Далее, по команде или спустя некоторое время, идёт их воспроизведение путём выстукивания ритма молоточком на твёрдой поверхности.

Рис. 1

Внешний вид конструкции игрушки показан на **рис. 1**. Пластмассовый корпус-футляр 2 (отрезок бытового контейнера) не имеет задней стенки. Сверху на нём расположен датчик ударов (стука) 1, в качестве которого использован акустический пьезоизлучатель, снизу вмонтирован выключатель питания 6, в щель 5 вставляется (с возможностью регулировки расстояния до передней стенки корпуса) основание привода молоточка 3, выполненного в форме фигурки дятла. Его движения осуществляются с помощью сервопривода 4. В качестве акустического датчика можно использовать готовый модуль 1 (**рис. 2**) с микрофоном.

Варианты схем игрушки показаны на **рис. 3**. Отличия в датчиках влияют на свойства готовых изделий. В первом варианте (рис. 3,а) игрушка не реагирует на внешние громкие звуки, но требует ударов при записи непосредственно по корпусу датчика. Второй вариант с модулем FC-04 [2], который позволяет регулировать чувствительность микрофона, т. е. наносить удары при записи по предметам, находящимся рядом с игрушкой, заменять их щелчками пальцев или хлопками в ладоши. Но при этом есть возможность потерять запись при случайных громких внешних шумах. Питать конструкцию можно от литиевого аккумулятора, например от сотового телефона или внешнего адаптера на напряжение 5 В и ток не менее 200 мА.

После включения питания активация игрушки производится одним коротким ударом. После него настукивают нужный ритм. При успешной записи дятел воспроизводит его через пару секунд после последнего удара. Автоматический повтор идёт каждые 20 с, а одиночный — после одного удара по датчику. Для перезаписи достаточно ударить один раз и следом, через короткую паузу, надо произвести новый ритм-стук по датчику.

Подвижные элементы (**рис. 4**) распечатаны на 3D-принтере. Элемент 1 содержит фигурку и оправку для надёжной фиксации качалки привода. Элемент 2 состоит из П-образной рамки крепления привода, бруска-опоры для крепления модуля А2, гибкой пластины-стойки и пластины-опоры. Настройка работы молоточка сводится к подбору положения качалки на валу сервопривода и подбору расстояния между клювом и передней стенкой корпуса игрушки. При его работе удары должны быть громкими и раздельными. Соединение элементов (см. рис. 2) производится с помощью четырёх винтов-саморезов 2, входящих в комплекты крепления сервопривода. Плату с микроконтроллером, выключатель и источник питания располагают внутри футляра 2 (см. рис. 1). Пьезоизлучатель при-

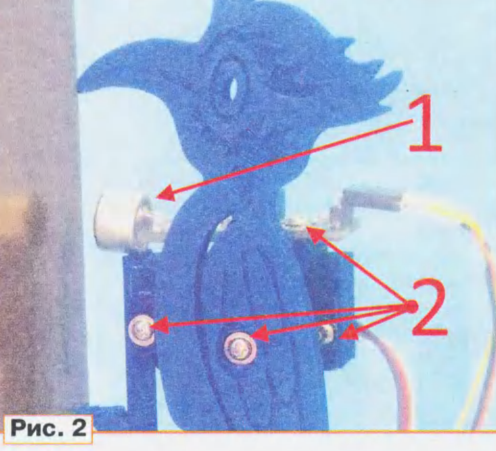
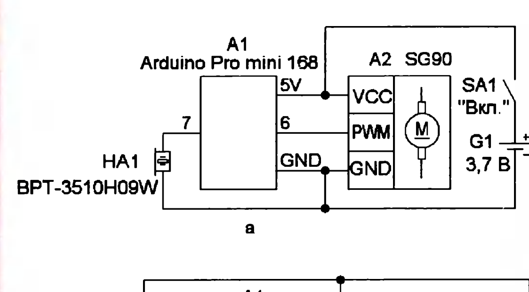


Рис. 2



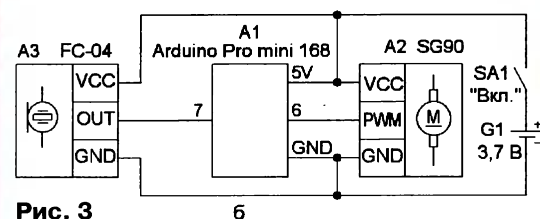


Рис. 3

клеивают сверху с помощью отрезков двухстороннего скотча. Электрические соединения производят пайкой с помощью тонких гибких проводов.

Рис. 4

Скетч для Arduino Pro mini 168 имеет несколько переменных, подбор значений которых под конкретный вариант повторения конструкции оптимизирует работу игрушки. Переменная минимальной длительности между сериями стук-ударов — (**int P=2000;**). Переменная длительности задержки между проверками уровня сигнала датчика — (**int p=50;**). Переменная, ограничивающая максимальное число стуков в наборе, которые может запомнить дятел, — (**const int g=50;**).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мамичев Д.** Акустический замок на Arduino. — Радио, 2020, № 3, с. 61, 62.

2. Датчик звука FC-04. — URL: **https://arduino-kit.ru/product/datchik-zvuka-fc-04** (07.08.21).

***От редакции.** На нашем FTP-сервере по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/12/diatel.zip** находятся материалы проекта и видеоролик, иллюстрирующий работу игрушки.*

Сигнализатор остановки вентилятора

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

В радиолюбительской практике иногда приходится применять принудительное охлаждение различных радиоэлементов, реализуемое в большинстве случаев с помощью вентилятора или вентиляторов от компьютерной техники. Если такое охлаждение критически важно, вентилятор желательно снабдить сигнализатором неисправности. Он должен подать звуковой или световой сигнал, если крыльчатка вентилятора перестала вращаться по причине отсутствия питающего напряжения, выхода из строя электродвигателя или попадания постороннего предмета.

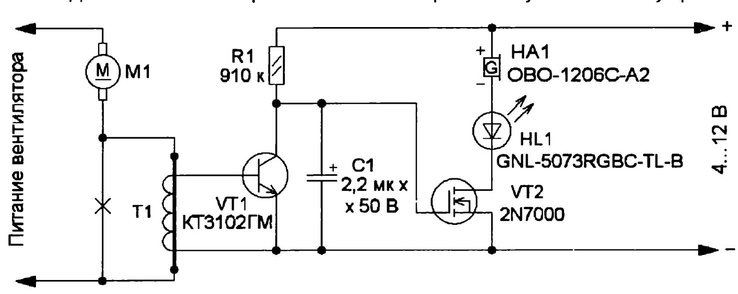


Рис. 1

Схема сигнализатора показана на **рис. 1**. Он реагирует на импульсную составляющую тока, потребляемого вентилятором. В отличие от [1], он более прост в изготовлении. Работает сигнализатор следующим образом. Токовую обмотку датчика тока T1 включают в цепь питания вентилятора. Потребляемый им ток содержит импульсную составляющую, и в результате на вторичной обмотке трансформатора T1 появляются короткие импульсы напряжения, которые поступают на базу транзистора VT1. Импульсы плюсовой полярности периодически его открывают, и в это время конденсатор C1 разряжается. В результате напряжение на нём не превысит 1 В, которого недостаточно для открывания полевого транзистора VT2.

Если по какой-то причине вращение вентилятора прекратится или скорость вращения резко уменьшится, транзистор VT1 не успевает разряжать конденсатор C1 и напряжение на нём увеличится. Транзистор VT2 откроется, напряжение питания поступит на мигающий светодиод HL1 и акустический сигнализатор HA1 со встроенным генератором. Особенностью светодиода GNL-5073RGBC-TL-B [2] является то, что он мигающий трёхцветный (кристаллы красного, зелёного и синего свечения), при этом частота миганий периодически изменяется автоматически. Когда включается один из светодиодов, напряжение питания поступает на акустический излучатель — будет звучать сигнал. В результате звуковой сигнал будет прерывистым и с разной громкостью. Когда светит кристалл синего цвета, громкость минимальна, а когда красного — максимальна.

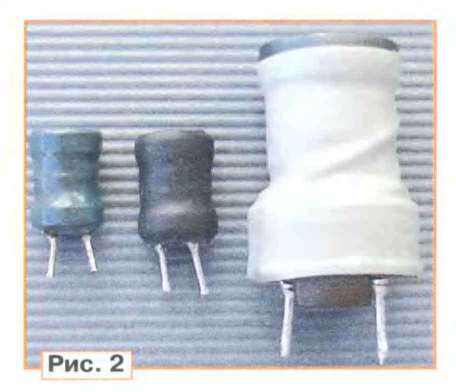


Рис. 2

Сигнализатор работоспособен при напряжении питания в интервале от 4 до 12 В. При этом потребляемый ток и громкость сигнала, конечно, зависят от напряжения питания. Потребляемый сигнализатором в дежурном режиме ток очень мал — не более 15 мкА. При подаче сигнала потребляемый ток увеличивается до 4...5 мА (при напряжении питания 4 В) и 20...30 мА (при напряжении питания 12 В). Экономичность в

дежурном режиме позволит (при желании) для питания сигнализатора применить автономный источник, например малогабаритную батарею 23А.

Основой датчика тока является дроссель, намотанный на гантелеобразном ферритовом магнитопроводе. Его размеры могут быть разными (**рис. 2**), главное, чтобы его индуктивность была не менее 4 мГн. При меньшей индуктивности число витков обмотки может быть недостаточным. Поверх собственной обмотки дросселя наматывают токовую обмотку — 5—20 витков провода диаметром 0,2...0,3 мм. Число витков подбирают экспериментально в процессе налаживания, причём в некоторых случаях для более мощного вентилятора потребовалось намотать большее число витков.

Все детали размещены на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Чертёж платы показан на **рис. 3**. Применены резистор МЛТ, С2-23, конденсатор — оксидный К50-35 или импортный с номинальным напряжением не менее 50 В. У конденсаторов с большим номинальным напряжением ток утечки будет меньше. Светодиод можно применить и одноцветный мигающий, например серии GNL-3014SRD-B [3] красного свечения. Акустический излучатель OBO-1206C-A2 [4] можно заменить аналогичным со встроенным генератором и электромагнитным излучателем. Для дросселей с разным расстоянием между выводами предусмотрен ряд отверстий. Смонтированная плата показана на **рис. 4**.

Как отмечено выше, налаживание сводится к подборке числа витков токовой обмотки трансформатора Т1. Обмотку включают в разрыв любого из питающих проводов вентилятора с двухпроводной схемой подключения. Наматывают временную обмотку и проверяют работу сигнализатора. Поскольку импульсы напряжения разной полярности на вторичной обмотке трансформатора Т1 имеют разную амплитуду, токовую обмотку включают так, чтобы сигнализатор устойчиво работал при минимальном числе витков токовой обмотки. Наматывать дополнительную обмотку можно при установленном на плате дросселе.

26

38

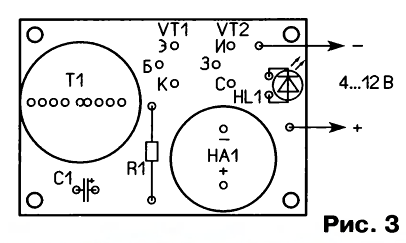


Рис. 3

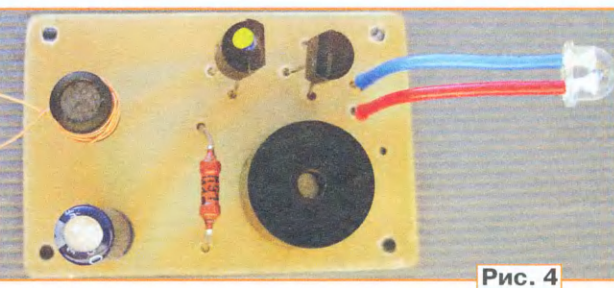


Рис. 4

После налаживания дополнительную обмотку можно закрепить с помощью какого-либо клея, например термоклея. Затем проводят окончательную проверку работоспособности сигнализатора. При отключении питания вентилятора или принудительной остановке вращения его лопастей сигнализатор должен подать сигналы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Нечаев И.** Звуковые сигнализаторы остановки вентилятора. — Радио, 2002, № 11, с. 19, 20.

2. Светодиод GNL-5073R GBC-TL-B. — URL: **https://www.chipdip.ru/product0/8004660012** (27.10.22).

3. GNL-3014xx-B. — URL: **https://datasheet-pdf.com/PDF/GNL-3014SRD-B-Datasheet-G-NOR-1257521** (27.10.22).

4. OBO-1206C-A2. — URL: **https://clck.ru/32UnNq** (27.10.22).

Ответы на викторину "Arduino: программная часть-13"

("Радио", 2022, № 11, с. 63, 64)

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

1. **Ответ — 1**. К плате Arduino Uno подключается модуль В1 HY-SRF05 (в различных источниках часто называемый SRF05), перед которым на фиксированном расстоянии установлен какой-либо объект с поверхностью, хорошо отражающей звук. Такой стенд позволяет проводить различные эксперименты с целью получения статистических данных при измерениях дальности.

Как известно, существуют две разновидности модулей SRF05. Отличаются они маркировкой и функциональным назначением пятого дополнительного (по сравнению с модулем HC-SR04) контакта разъёма. В одной версии это — вход MODE, в другой (как в рассматриваемой схеме) — выход OUT, на котором генерируется сигнал огибающей зондирующих импульсов. Соединять выход OUT с общим проводом GND не рекомендуется, чтобы не повредить управляющий контроллер модуля В1. Но кратковременное соединение к негативным последствиям не приводит, это проверено на практике.

2. **Ответ — 1**. Назначение скетча — вывести на экран монитора в режиме плоттера в Arduino IDE два графика измерения длительности импульса Echo: вверху — без фильтрации, внизу — с фильтрацией (**рис. 1**). Смещение второго графика вниз на 50 мкс задаётся в строке 12.

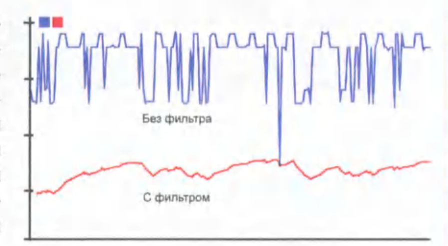


Рис. 1

Смещение условное здесь, главное — сравнить форму двух кривых. Чем график ровнее, тем лучше, тем меньший будет разброс измерения расстояний.

Фильтр "бегущее среднее" в строке 10 является эффективным, но не единственно возможным средством сглаживания графиков. Стенд как раз и позволяет подобрать лучший метод фильтрации сигнала для конкретного модуля, определённой дистанции и свойств отражающей поверхности [1].

3. Ответ — 1. Назначение скетча — вычислить среднеквадратическое отклонение (СКО) для 10000 замеров длительности эхоимпульса (сигнал Echo). Чем меньше СКО в строке 13, тем "кучнее" модуль B1 измеряет расстояние до препятствия. Время измерения составляет около 8 мин. Для быстрого экспресс-теста достаточно 300—500 замеров.

Строка 11, о которой идёт речь в вопросе викторины, не является обязательной. Однако с её помощью можно сохранить данные в текстовом файле на жёстком диске компьютера, используя бесплатную терминальную программу PuTTY по методике [2].

Если присвоить файлу расширение *.**csv**, то полученные данные можно вставить прямо в электронную таблицу MS Office Excel и выполнить математическую обработку. Например, на **рис. 2** показаны графики частоты распределения длительностей импульса Echo, построенные в Excel из 10000 выборок скетча. Верхняя гистограмма базируется на функциях библиотеки **NewPing** (строки 3, 4, 10), а нижняя — на функции **pulseIn**, аналогично скетчу из вопроса 2. Как видно, разница существенная, что следует учитывать при точных измерениях.

4. Ответ — 0. К плате Arduino подключены два модуля SRF05, которые отличаются от HY-SRF05 наличием пяти дополнительных выводов программирования и другим назначением сигнала MODE [3]. Располагаются модули друг за другом, как фотодатчики в старых турникетах метрополитена. Задача — определить направление движения объекта, который перемещается перед модулями.

Выводы MODE обоих модулей B1, B2 соединяются с общим проводом GND, что переводит их в режим с общей линией связи Trig. Сначала по этой линии передаётся импульс от Arduino для старта измерений, затем Arduino ожидает ответ от модуля в виде эхо-сигнала.

Однопроводную связь можно осуществить и в классических модулях HC-SR04 по схеме, изображённой на **рис. 3**, где резисторы R1, R2 служат развязкой между выходами D2, D3 Arduino и выходами внутренних контроллеров модулей B1, B2 по линии Trig. Сопротивление резисторов — 0,5...3 кОм. Ограничение на сопротивление снизу — нагрузочная способность портов AVR-контроллера Arduino, ограничение сверху — снижение помехоустойчивости.

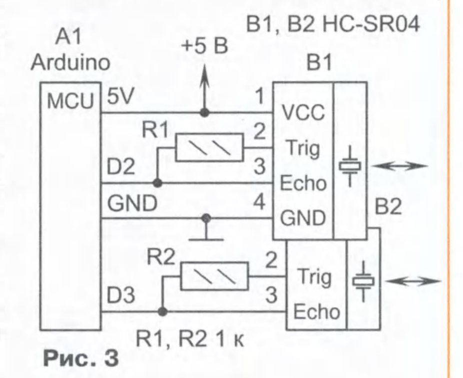


Рис. 3

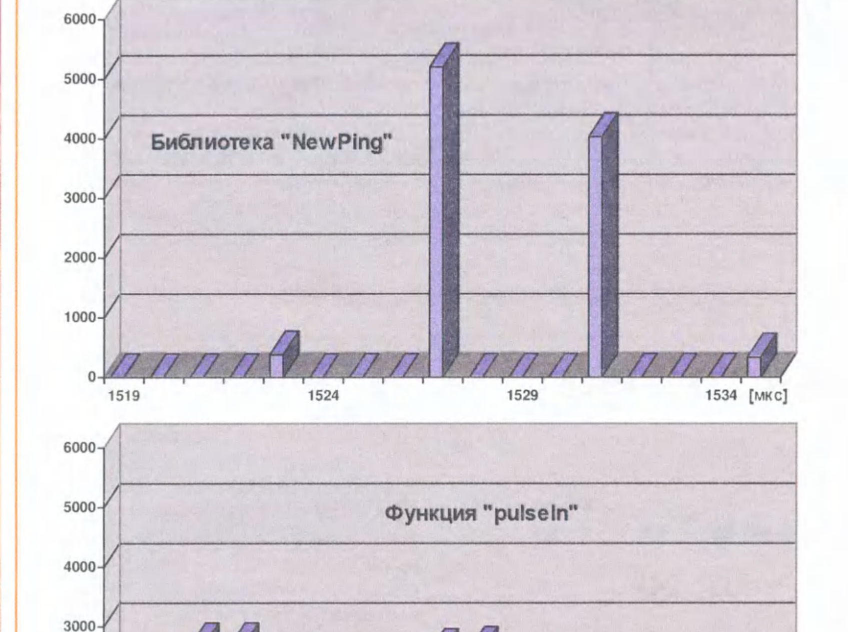


Рис. 2

5. Ответ — 0. Назначение скетча — вывести на экран монитора надпись **Left to right** в строке 13 при движении объекта слева направо. Порогом считается приближение объекта на расстояние меньше 7 см к любому из модулей (строка 5).

Модули B1, B2 посылают и принимают ультразвуковые сигналы по очереди, сначала B1 (строка 8), затем B2 (строка 9). От перемены строк 8, 9 местами формально ничего не изменится, ведь обработка информации начинается дальше, со строки 10. Истинная смена направления движения произойдёт, если поменять местами на плате Arduino провода, подводящие сигналы к выводам 2 и 3.

6. Ответ — 1. Назначение скетча — индикация встроенным светодиодом в Arduino равноудалённого расстояния до препятствия от каждого из модулей B1, B2. Если расстояния одинаковы, светодиод горит (строка 11), иначе он гаснет (строка 12).

Пауза 0,2 с в строке 13 удлиняет время свечения светодиода, визуально сглаживая "просадки". Снизить ультразвуковые перекрёстные помехи пауза не может, поскольку модули B1 и B2 работают по очереди. К примеру, пока модуль B1 в строке 9 посылает и принимает сигналы, модуль B2 "спит", поэтому он физически не может получить чужой отражённый сигнал в качестве перекрёстной помехи.

В некоторых системах модули B1, B2 генерируют сигналы одновременно. В этом случае действительно могут возникнуть ультразвуковые помехи. Но они успешно подавляются сужением диаграммы направленности

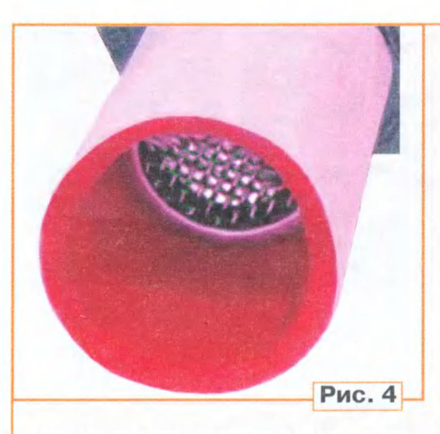


Рис. 4

луча, например, накладками из мягкого материала (**рис. 4**).

7. **Ответ — 1**. К плате Arduino подключается влагозащищённый модуль B1. Его особенностью является двунаправленный пьезодатчик, который сначала выступает излучателем ультразвуковых импульсов, а затем становится приёмником отражённых сигналов частотой 40 кГц. Переключение режимов происходит по командам от внутреннего управляющего контроллера.

Собственно модуль состоит из трёх функциональных частей: печатная плата с радиоэлементами, соединительный шнур длиной 2,5 м и пьезодатчик. Два последних элемента герметичны по конструкции. Печатная плата не имеет влагозащиты, поэтому её надо помещать в закрытый корпус, это важно при эксплуатации на открытом воздухе.

8. **Ответ — 0**. Назначение скетча — измерить расстояние в воде до препятствия, которым служит дно реки или озера. Получается эхолот, который, судя по видеоролику [4], успешно реализован на практике.

В скетче используется стандартный алгоритм измерения дистанции с поправкой на более высокую скорость звука в воде. Из особенностей — увеличенная до 20 мкс длительность импульса запроса в строке 8. Это помогает и в других случаях при неустойчивых измерениях.

Формула расчёта дистанции в строке 11 рассчитана на скорость звука 1482 м/с (коэффициент 0,1482), что соответствует температуре воды +20 °С в летнее время. Для зимней рыбалки следовало бы выбрать скорость звука в воде 1421 м/с при +4 °С [5].

9. **Ответ — 1**. Назначение скетча — аналогично вопросу 8, но с измерениями не в воде, а в воздухе. Практическое применение — любые устройства, эксплуатирующиеся на территории, где возможны атмосферные осадки, например, парктроник для автомобиля, датчик присутствия человека перед калиткой, дверной звонок на улице и т. д.

В скетче используется библиотека функций **NewPing** (строки 2, 6, 7, 12). Для её нормальной работы в объекте sonar задаётся максимальное расстояние до препятствия **MAX_DISTANCE**, равное 400 см (строка 5). В связи с этим ультразвуковые волны, отражённые от объектов, находящихся на расстоянии больше 4 м, будут игнорироваться, а замер дистанции — обнуляться. То есть для расстояний 3...4 м "нулей" при печати в строке 12 не будет, а после 5 м они будут обязательно.

10. **Ответ — 1**. "Ультразвуковой хоккей" предполагает наличие у игроков двух клюшек в виде выносных пьезоизлучателей BQ1, BQ2. Мощности излучаемых ультразвуковых колебаний достаточно, чтобы перемещать по полю лёгкую "шайбу" из шарика пенопласта диаметром 2...3 мм. Игровым полем может служить обычная фоторамка A4 со стеклянной поверхностью и четырьмя бортами. Старт и стоп в игре осуществляет судья выключателем SA1.

Сердцем устройства служит плата драйвера управления двигателем A2 на основе микросхемы DRV8833 (Texas Instruments). На входы платы IN1, IN2 поступают сигналы лог. 0 и лог. 1 от Arduino Uno. К выходам OUT1, OUT2 подключаются пьезоизлучатели BQ1, BQ2 с маркировкой "T", выпаянные из модулей, подобных HC-SR04. Для повышения мощности сигнала желательно удалить с излучателей металлические сетки.

Каналы IN1—OUT1, IN2—OUT2 выполнены однотипно на MOSFET-ключах микросхемы DRV8833. Следовательно, если на входы IN1, IN2 подавать противофазные сигналы, на пьезоизлучатели будет поступать знакопеременное напряжение H-моста с полным размахом 18 В, т. е. с удвоенным напряжением питания VIN. Если входные сигналы синфазные, разность амплитуд близка к нулю, излучения ультразвуковых колебаний не будет.

11. **Ответ — 0**. Назначение скетча — генерация противофазных импульсов меандра с частотой 40 кГц на выводах A0, A1 Arduino Uno. Скетч применяется такой же, как в ультразвуковом левитаторе, который имеет похожую электрическую схему и способен поднимать в воздух мелкие предметы [6].

Выводы A0, A1 в Arduino Uno соответствуют разрядам PC0, PC1 порта C микросхемы ATmega328. В строке 3 все линии порта C настраиваются на выход. В строке 2 переменная **TP** определяет начальные уровни разрядов, а в строке 12 производится их синхронное инвертирование.

Поскольку "единицы" и "нули" в переменной **TP** поразрядно чередуются, то с одинаковым успехом в схеме вместо A0, A1 можно использовать выводы A2, A3 (PC2, PC3) или A4, A5 (PC4, PC5) платы Arduino Uno. Программные изменения в скетче не нужны.

12. **Ответ — 0**. Назначение скетча — аналогично вопросу 11, но генерация сигнала 40 кГц производится с помощью регулируемых программных задержек времени, что позволяет увеличить скорость полёта "шайбы". Главным критерием подстройки является ток потребления платы A2. Чем он выше, тем больше мощность генерируемых ультразвуковых колебаний и сильнее удары "клюшек".

Максимальное потребление тока будет на частоте резонанса пьезоизлучателей BQ1, BQ2. Для них регламентируются центральная частота 40±1 кГц и полоса пропускания не менее 5 кГц [7].

При параллельном соединении BQ1, BQ2 оптимальная частота генерации не обязательно будет равна 40 кГц. Нужен подбор. Для этого в строках 2, 3 подстраиваются коэффициенты T1, T2, от чего зависят длительности полупериодов выходных сигналов в строках 10, 13, а значит, и частота генерации.

Резонанс у пьезоизлучателей узкий, при этом ток потребления платы A2 скачком изменяется от долей миллиампера до 10...20 мА. Подбором коэффициентов T1, T2 ток можно увеличить на 10...15 % по сравнению с фиксированной частотой 40 кГц. Главное, чтобы пьезоизлучатели BQ1, BQ2 при экспериментах были неподвижными.

Если необходимо ещё больше повысить мощность излучаемых сигналов, следует заменить плату A2 аналогичной на микросхемах L293, L298 и повысить напряжение питания до 12 В.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фильтрация сигналов. — URL: **https://alexgyver.ru/lessons/filters/** (15.09.22).

2. Запись данных Arduino в файлы на компьютере через Putty. — URL: **https://arduinoplus.ru/zapis-dannyh-arduino-na-komputer/** (15.09.22).

3. SRF05 — Ultra-Sonic Ranger. — URL: **https://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf05tech.htm** (18.09.22).

4. Эхолот на Arduino. — URL: **http://arduinoprom.ru/shemotehnika/263-eholot-na-arduino.html** (15.09.22).

5. ГСССД 190-2000. — URL: **https://clck.ru/322rFB** (15.09.22).

6. Ультразвуковая акустическая левитация на Arduino и датчике HC-SR04. — URL: **https://microkontroller.ru/arduino-projects/ultrazvukovaya-akusticheskaya-levitacziya-na-arduino-i-datchike-hc-sr04/** (15.09.22).

7. Ultrasonic Transducer TR40-16. — URL: **https://cdn.datasheetspdf.com/pdf-down/T/R/4/TR40-16_Waitrony.pdf** (15.09.22).








СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА ЗА 2022 год

Первое число после названия статьи обозначает номер журнала, второе — страницу (начало статьи). Материалы рубрик "Обмен опытом" и "Дополнение к напечатанному" ("Наша консультация", "Обратите внимание") включены в соответствующие тематические разделы содержания.













Дополнения к статьям

РАДИОПРИЁМ

ИЗМЕРЕНИЯ

Дополнения к статьям

КОМПЬЮТЕРЫ

Дополнения к статьям

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА

ЭЛЕКТРОНИКА ЗА РУЛЁМ

Дополнения к статьям

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Дополнения к статьям

"РАДИО" — О СВЯЗИ (ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ)

* * *

* * *

* * *

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ (ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ)

Дополнения к статьям

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

Редакторы: ***И. Нечаев*** ("Из истории радио", "Наука и техника", "Выставки", "Видеотехника", "Радиоприём", "Звукотехника", "Измерения", "Компьютеры", "Радиолюбителю-конструктору", "Радиолюбительская технология", "Прикладная электроника", "Электроника за рулём", "Источники питания", "Наша консультация", "Радио" — о связи"), ***Н. Нечаева*** ("Радио" — начинающим"), ***В. Чуднов*** ("Наука и техника", "Звукотехника", "Радиоприём", "Измерения", "Микропроцессорная техника", "Компьютеры", "Источники питания", "Электромузыкальные инструменты", "Радиолюбителю-конструктору", "Прикладная электроника", "Электроника за рулём", "Радио" — о связи").

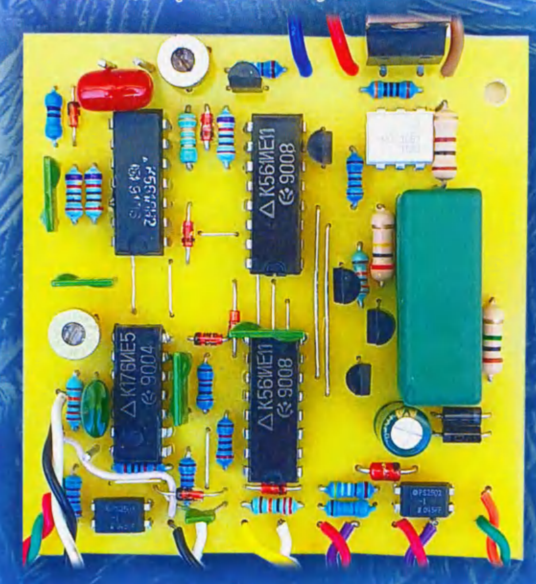
В оформлении журнала участвовали ***Е. Герасимова***, ***В. Мусияка***.

Читайте в следующем номере:

DES E-ink-дисплей в барометре-термометре-гигрометре

А. КУЗЬМИНОВ, г. Москва

В статье приведено описание барометра-термометра-гигрометра на основе МЭМС-датчика BME280, микроконтроллера EFM8SB10F8 и DES E-ink-дисплея GDEW0154M10 с разрешением 154×154 пиксела с питанием от элемента CR2477, обеспечивающего непрерывную работу прибора в течение, как минимум, десяти лет при обновлении показаний давления, температуры и влажности один раз в пять минут.



Цифровой регулятор мощности с кнопочным регулированием и внешним управлением

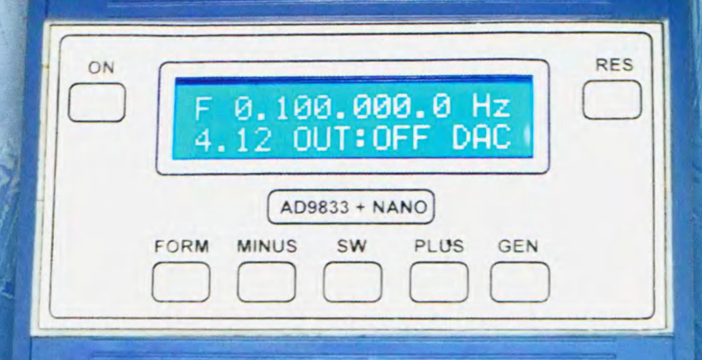
В. КРАВЦОВ, г. Новороссийск Краснодарского края

Устройство предназначено для управления мощностью сетевой нагрузки 230 В с возможностью автоматического его увеличения на нагрузке до максимальной за установленное время и индикацией завершения процесса регулировки с помощью светодиода и транзисторного оптрона для внешних устройств.

Генератор на модуле AD9833

В. КИБА, г. Волжский Волгоградской обл.

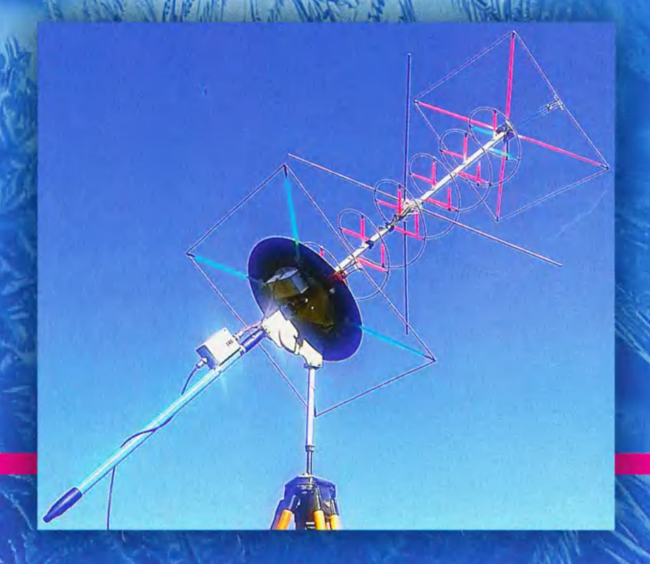
Сердцем генератора является микросхема AD9833 с диапазоном частот от 0 МГц до 12,5 МГц (в описанном генераторе частота ограничена значением 10 МГц) и тремя видами формы выходных сигналов (прямоугольная, синусоидальная, треугольная), управляет которой Arduino Nano.



Двухдиапазонная УКВ-антенна с круговой поляризацией для работы через радиолюбительские спутники

В. ПРИХОДЬКО (EW8AU), г. Гомель, Беларусь

Эта двухдиапазонная УКВ-антенна 145/435 МГц позволяет работать на приём и передачу, не вращая антенну по поляризации, что намного упрощает проведение радиосвязей через спутники. Её можно установить на крыше дома или в другом месте и управлять ей дистанционно, снабдив простым двухкоординатным поворотным устройством.



РАДИО 2023

ЯНВАРЬ

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

ФЕВРАЛЬ

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28					

МАРТ

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

АПРЕЛЬ

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

МАЙ

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

ИЮНЬ

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

ИЮЛЬ

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

АВГУСТ

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

СЕНТЯБРЬ

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

ОКТЯБРЬ

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

НОЯБРЬ

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

ДЕКАБРЬ

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31